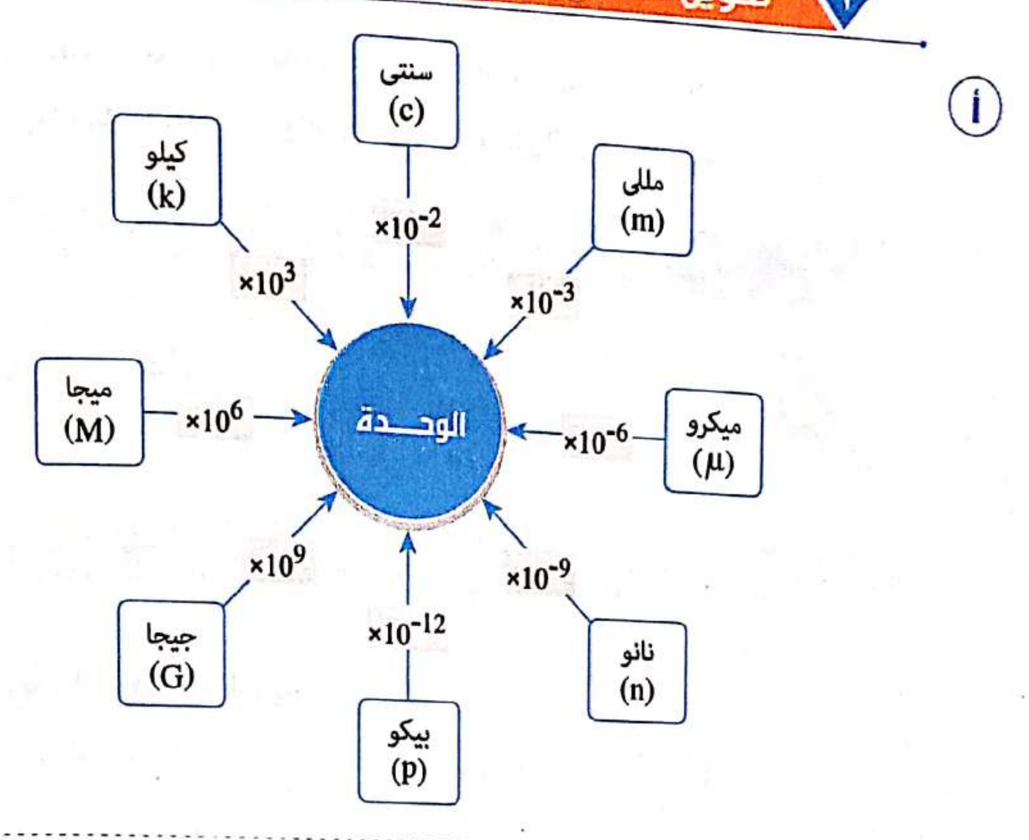
محتويات الكتاب



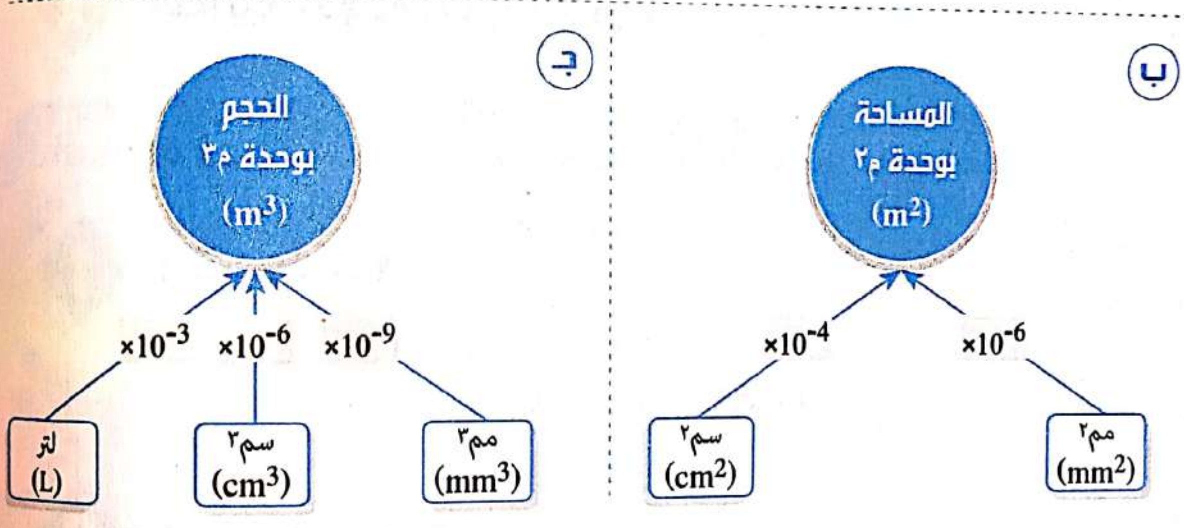
أساسيات فيزيائية ورياضية هامة

١ تحويل الكسور والمضاعفات إلى الوحدات العملية

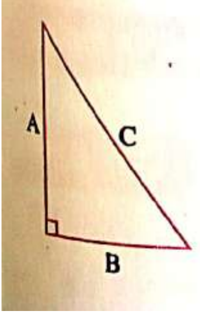
أ



ب ، جـ



٢ نظرية فيثاغورس

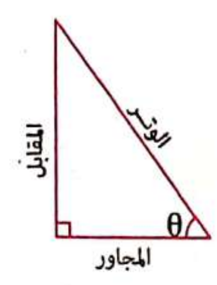


- فى المثلث القائم إذا كان A ، B هما ضلعى القائمة، C هو الوتر فيكون :

$$C^2 = A^2 + B^2$$

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

٣ العلاقات المثلثية



• فى المثلث القائم الزاوية يمكن تعيين النسب المثلثية للزاوية θ من العلاقات الآتية :

$\sin\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$ ، $\cos\theta = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$ ، $\tan\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

٤ محيطات ومساحات وحجوم بعض الأشكال الهندسية

(أ)

الأشكال المسطحة	المربع	المستطيل	المثلث	الدائرة
الشكل الهندسى	ℓ	ℓ_1 ، ℓ_2	ℓ_1 ، ℓ_2 ، ℓ_3 ، h	r
المحيط (C)	4ℓ	$2(\ell_1+\ell_2)$	$\ell_1+\ell_2+\ell_3$	$2\pi r$
المساحة (A)	ℓ^2	$\ell_1\times\ell_2$	$\frac{1}{2}\ell_1\times h$	πr^2

(ب)

الأشكال المجسمة	المكعب	متوازى المستطيلات	الكرة	الأسطوانة
الشكل الهندسى	ℓ	ℓ_1 ، ℓ_2 ، ℓ_3	r	r ، h
الحجم (V)	ℓ^3	$\ell_1\times\ell_2\times\ell_3$	$\frac{4}{3}\pi r^3$	$\pi r^2\times h$

الكميـات الفيــز يائية

الواردة بالمنهج ورموزها ووحدات قياسها وصيغ أبعادها



الكمية الفيزيائية	الرمز	وحدة القياس فى النظام الدولى		صيغة الأبعاد
الطول	ℓ	متر	m	L
المسافة	s	متر	m	L
الإزاحة	d	متر	m	L
نصف القطر	r	متر	m	L
الكتلة	m	كيلوجرام	kg	M
الزمن	t	ثانية	s	T
الزمن الدورى	T	ثانية	s	T
السرعة، السرعة اللحظية	v	متر/ث	m/s	$L.T^{-1}$
السرعة المتوسطة	$\bar{v}$	متر/ث	m/s	$L.T^{-1}$
العجلة	a	متر/ث٢	m/s^2	$L.T^{-2}$
عجلة الجاذبية	g	متر/ث٢	m/s^2	$L.T^{-2}$
كمية التحرك	P	كجم.متر/ث	kg.m/s	$M.L.T^{-1}$
القوة	F	كجم.متر/ث٢ أو نيوتن	$kg.m/s^2$ أو N	$M.L.T^{-2}$
الوزن	w	كجم.متر/ث٢ أو نيوتن	$kg.m/s^2$ أو N	$M.L.T^{-2}$
ثابت الجذب العام	G	نيوتن.متر٢/كجم٢ أو متر٣/كجم.ث٢	$N.m^2/kg^2$ أو $m^3/kg.s^2$	$M^{-1}.L^3.T^{-2}$
الشغل	W	كجم. متر٢/ث٢ أو نيوتن.متر أو جول	$kg.m^2/s^2$ أو N.m أو J	$M.L^2.T^{-2}$
طاقة الوضع	P.E	كجم.متر٢/ث٢ أو جول	$kg.m^2/s^2$ أو J	$M.L^2.T^{-2}$
طاقة الحركة	K.E	كجم.متر٢/ث٢ أو جول	$kg.m^2/s^2$ أو J	$M.L^2.T^{-2}$



عــلاقــات رياضيــة هامــة

تــم دراستهـــا فــى الفصــل الدراســى الأول

١ قيمة محصلة متجهين

* إذا كان المتجهان :

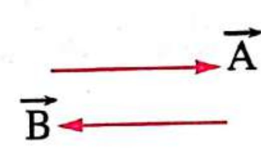
أ لهما نفس الاتجاه

$\vec{A}$

$\vec{B}$

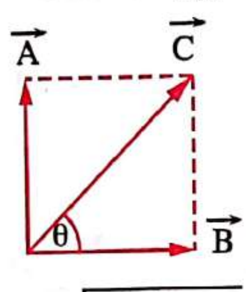
$$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$$

ب فى اتجاهين متضادين



$$\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$$

جـ متعامدان



$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$\tan\theta = \frac{A}{B}$$

٢ تحليل متجه

A_y A θ A_x

$$A_x = A\cos\theta$$

$$A_y = A\sin\theta$$

٣ السرعة

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

٤ العجلة

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

٥ معادلات الحركة بعجلة منتظمة



أ معادلة الحركة الأولى

$$v_f = v_i + at$$

ب معادلة الحركة الثانية

$$d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

جـ معادلة الحركة الثالثة

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

٦ قانون نيوتن الأول

$$\Sigma F = 0$$

٧ قانون نيوتن الثالث

$$F_1 = -F_2$$



الحـركـة الخطيـة

الفصل 3

القـوة والحـركــة.



(كمية التحرك - قانون نيوتن الثانى).

مقدمة

- من المهم فى حياتنا اليومية ونحن نتابع الأجسام المتحركة بدءًا من الدراجات والسيارات والطائرات ... أن نفهم كيف تتحرك ؟ وما الذى يسبب هذه الحركة ؟

لذلك سنركز على دراسة حركة الأجسام نتيجة تأثير قوة عليها.

نواتج التعلم المتوقعة

بعد دراسة هذا الفصل يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يستنتج العلاقة بين الكتلة والسرعة.
- يفسر قانون نيوتن الثانى.
- يفسر بعض الظواهر الحياتية.
- يصمم تجربة لاستنتاج العلاقة بين القوة والعجلة.
- يفرق بين الكتلة والوزن.

الفصل 3

القــــوة والحـــركـــــــة

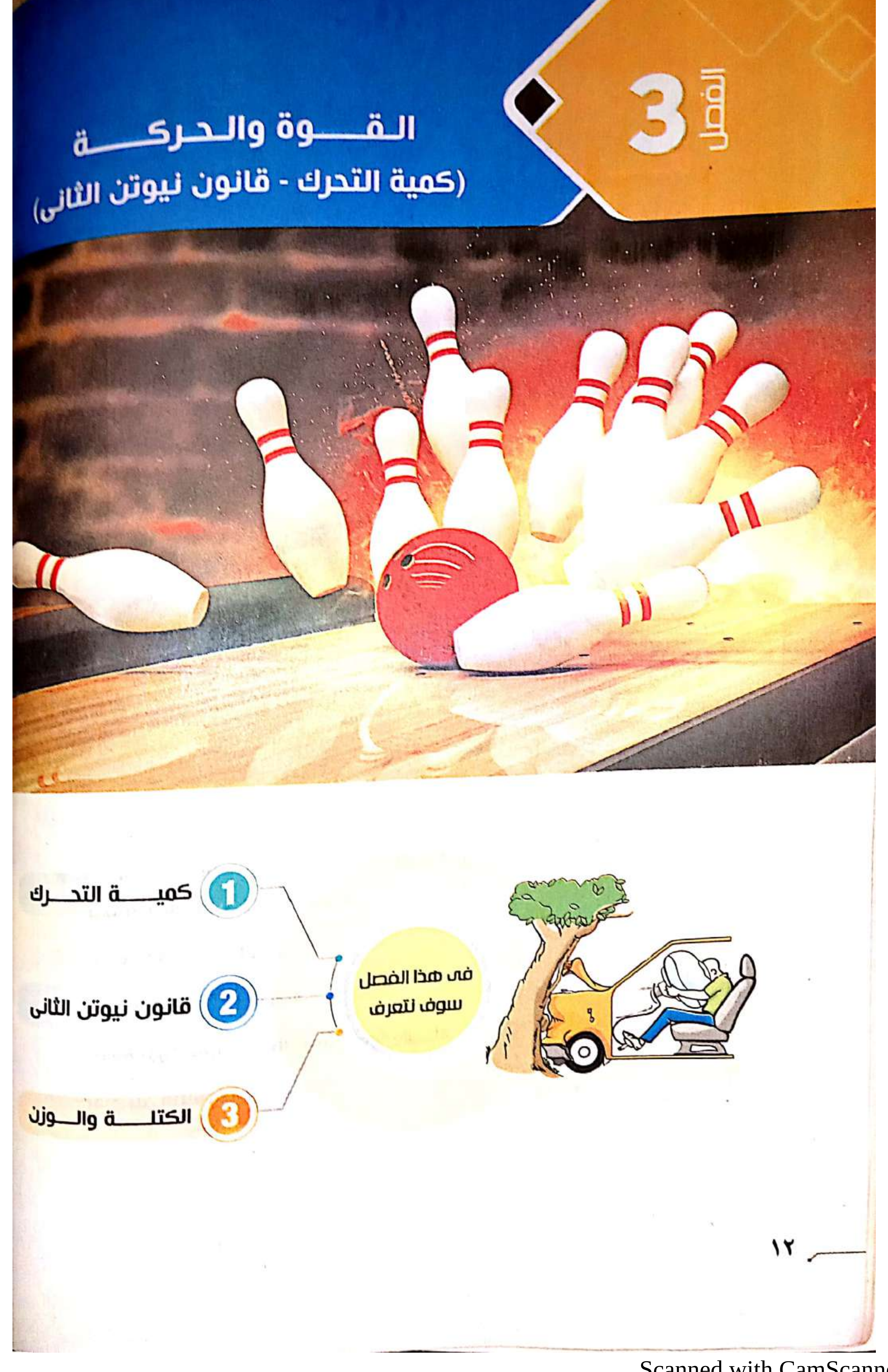
(كمية التحرك - قانون نيوتن الثانى)



نواتج التعلم المتوقعة

★ بعد دراسة هذا الفصل يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يستنتج العلاقة بين الكتلة والسرعة.
- يفسر قانون نيوتن الثانى.
- يفسر بعض الظواهر الحياتية.
- يُصمم تجربة لاستنتاج العلاقة بين القوة والعجلة.
- يفرق بين الكتلة والوزن.


الفصل
3
القـــوة والحـركـــة
(كمية التحرك - قانون نيوتن الثانى)
فى هذا الفصل
سوف نتعرف
1 كميـــة التحـــرك
2 قانون نيوتن الثانى
3 الكتلـــة والـــوزن

رسنا فى الفصل الدراسى الأول قانونى نيوتن الأول والثالث وفيما يلى سندرس مفهوم كمية التحرك وقانون نيوتن الثانى.



لعلك تلاحظ أن إمكانية إيقاف الأجسام التى تتحرك تحت تأثير القصور الذاتى تتوقف على :



(١) كلما زادت كتلة الجسم زاد قصوره الذاتى



يصعب إيقاف شاحنة كبيرة، بينما يسهل إيقاف دراجة صغيرة إذا كان لهما نفس السرعة

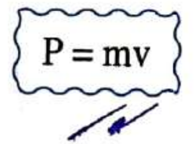


(٢) كلما زادت سرعة الجسم زاد قصوره الذاتى



يصعب إيقاف سيارة تتحرك بسرعة كبيرة، بينما يسهل إيقافها إذا كانت تتحرك بسرعة صغيرة

* ترتبط كتلة الجسم (m) وسرعته (v) معًا بكمية فيزيائية تعرف باسم **كمية التحرك** (**P**) والتى تتعين من العلاقة :



* وحدة قياس كمية التحرك هى **kg.m/s** وصيغة أبعادها هى $M.L.T^{-1}$

ملاحظات

(١) كمية التحرك كمية متجهة،

لأنها حاصل ضرب كمية قياسية (الكتلة) فى كمية متجهة (السرعة)، واتجاهها هو نفس اتجاه سرعة الجسم.

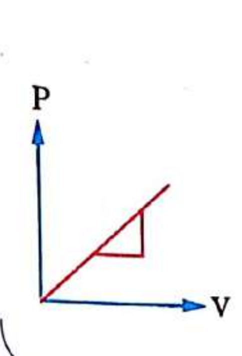
(٢) كمية التحرك لجسم ساكن تساوى صفر،

لأن كمية التحرك تحسب من العلاقة (P = mv) وسرعة الجسم الساكن تساوى صفر.

العوامل التى تتوقف عليها كمية التحرك لجسم

١ سرعة الجسم :

تتناسب كمية التحرك **طرديًا** مع سرعة الجسم عند ثبوت الكتلة.



$$slope = \frac{\Delta P}{\Delta v} = m$$

٢ كتلة الجسم :

تتناسب كمية التحرك **طرديًا** مع كتلة الجسم عند ثبوت السرعة.

P
m

$$slope = \frac{\Delta P}{\Delta m} = v$$

$$P = mv$$

مثال ١

احسب كمية التحرك لجسم كتلته 100 kg يتحرك بسرعة 20 m/s

الحل

| $m = 100\ kg$ | $v = 20\ m/s$ | $P = ?$ |

$P = mv = 100 \times 20 = $ **2000 kg.m/s**

مثال ٢

سقطت كرة كتلتها 0.7 kg سقوطًا حرًا من ارتفاع 50 m، **احسب** كمية تحرك الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض مع إهمال مقاومة الهواء (علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$).



| $m = 0.7\ kg$ | $v_i = 0$ | $d = 50\ m$ | $g = 10\ m/s^2$ | $P = ?$ |

سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض :

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\ gd$$

$$v_f = \sqrt{0 + (2 \times 10 \times 50)} = 10\sqrt{10}\ m/s$$

كمية تحرك الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض :

$P = mv_f = 0.7 \times 10\sqrt{10} = $ **$7\sqrt{10}$ kg.m/s**





كرة كتلتها 200 g تتحرك أفقيًا بسرعة 0.7 m/s اصطدمت بحائط رأسى وارتدت عنه أفقيًا بسرعة 0.4 m/s، **أوجد** التغير فى كمية تحرك الكرة نتيجة التصادم مع إهمال مقاومة الهواء.

الحل

وسيلة مساعدة

- بما أن الكرة تحركت فى اتجاهين متعاكسين (قبل وبعد التصادم) فإذا افترضنا أن اتجاه حركة الكرة قبل التصادم هو الاتجاه الموجب للحركة، فإن اتجاه حركة الكرة بعد التصادم هو الاتجاه السالب للحركة.
- التغير فى كمية تحرك الكرة يحسب من العلاقة :

$$\Delta P = P_{(\text{بعد التصادم})} - P_{(\text{قبل التصادم})}$$

m = 200 g	$v_1 = 0.7$ m/s	$v_2 = -0.4$ m/s	$\Delta P = ?$

كمية تحرك الكرة قبل التصادم :

$$P_1 = mv_1 = 200 \times 10^{-3} \times 0.7 = 0.14 \text{ kg.m/s}$$

كمية تحرك الكرة بعد التصادم :

$$P_2 = mv_2 = 200 \times 10^{-3} \times -0.4 = -0.08 \text{ kg.m/s}$$

التغير فى كمية تحرك الكرة نتيجة التصادم :

$$\Delta P = P_2 - P_1 = -0.08 - 0.14 = -0.22 \text{ kg.m/s}$$

اختبر نفسك

هل يمكن أن يكون مقدار كمية تحرك سيارة صغيرة مساويًا لمقدار كمية تحرك سيارة كبيرة كتلتها ثلاثة أمثال كتلة السيارة الصغيرة ؟ **ناقش إجابتك.**

....

....

....

قانون نيوتن الثانى Newton's Second Law

• قانون نيوتن الثانى

- القوة المحصلة المؤثرة على جسم ما تساوى المعدل الزمنى للتغير فى كمية تحرك هذا الجسم.



- إذا أثرت قوة محصلة على جسم فإنها تكسبه عجلة تتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة عليه وعكسيًا مع كتلته.

* تفسير قانون نيوتن الثانى :

إذا أثرت قوة على جسم فإن سرعته تتغير وتبعًا لذلك فإنه يكتسب عجلة، **فإذا** :

أثرت قوتان مختلفتان على كتلتين متساويتين	أثرت قوتان متساويتان على كتلتين مختلفتين
فـــإن	
الكتلة التى تتأثر بقوة أكبر تتحرك بعجلة أكبر	الكتلة الأكبر تتحرك بعجلة أقل
أى أن	
العجلة تتناسب **طرديًا** مع القوة عند ثبوت الكتلة $(a \propto F)$	العجلة تتناسب **عكسيًا** مع الكتلة عند ثبوت القوة $(a \propto \frac{1}{m})$



استنتاج الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثانى

$$\because F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{\Delta t} = m\frac{(v_f - v_i)}{\Delta t} = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\therefore F = ma \quad \text{أو} \quad a = \frac{F}{m}$$

* وحدة قياس القوة هى $kg.m/s^2$ وتكافئ النيوتن (N) وصيغة أبعادها هى $M.L.T^{-2}$

النيوتن:
مقدار القوة التى إذا أثرت على جسم كتلته 1 kg أكسبته عجلة مقدارها $1\ m/s^2$ فى نفس الاتجاه.



* القوة (F) كمية متجهة،

لأنها حاصل ضرب كمية قياسية (الكتلة) فى كمية متجهة (العجلة).

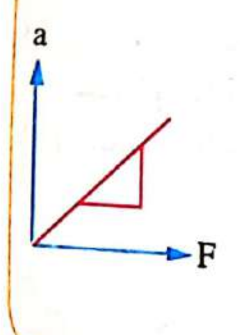
* يمكن قياس القوة باستخدام الميزان الزنبركى الموضح بالشكل المقابل.

العوامل التى تتوقف عليها العجلة

١ كتلة الجسم:
تتناسب العجلة **عكسيًا** مع كتلة الجسم عند ثبوت القوة المؤثرة.

$$slope = \frac{\Delta a}{\Delta(\frac{1}{m})} = F$$

٢ القوة المؤثرة على الجسم:
تتناسب العجلة **طرديًا** مع القوة المؤثرة عند ثبوت كتلة الجسم.



$$slope = \frac{\Delta a}{\Delta F} = \frac{1}{m}$$



$$a = \frac{F}{m}$$

تطبيقات حياتية على قانون نيوتن الثانى :

تبعًا لقانون نيوتن الثانى $\left(F = m\,\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)$ عند تصادم جسم متحرك بجسم آخر ساكن فإن قوة التصادم (F) :

- تزداد بزيادة كتلة الجسم المتحرك (m) عند ثبوت باقى العوامل.
- تزداد بزيادة التغير فى سرعة الجسم (Δv) عند ثبوت باقى العوامل.
- تقل بزيادة زمن التأثير (زمن التغير فى كمية التحرك Δt) عند ثبوت باقى العوامل.

ومن ذلك يمكن تفسير بعض الظواهر الحياتية، مثل :

(١) اصطدام شاحنة كبيرة بحائط يكون أكثر تدميرًا من اصطدام سيارة صغيرة.



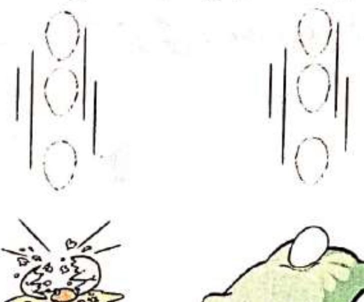


(٢) اصطدام سيارة بحائط يكون أكثر تدميرًا من اصطدامها بكومة من القش.





(٣) سقوط بيضة على وسادة لا يجعلها تنكسر بينما تنكسر عند سقوطها على الأرض.



(٤) سقوط شخص من مكان مرتفع فى الماء يكون أقل إصابة من سقوطه على الأرض وتزداد حدة الإصابة بزيادة الارتفاع الذى يسقط منه الشخص.

(٥) استخدام الوسائد الهوائية فى السيارات لحماية السائق عند حدوث تصادم.



ويتوقف مقدار قوة التصادم فى الظواهر السابقة على الفترة الزمنية للتغير فى كمية التحرك، حيث يقل مقدار قوة التصادم بزيادة الفترة الزمنية للتغير فى كمية التحرك (والعكس صحيح).



ملاحظات

(١) فى حالة وجود قوة احتكاك $(F_{(احتكاك)})$ بين سطح وجسم يتحرك نتيجة تأثير قوة عليه $(F_{(مؤثرة)})$، فإن :

$F_{(محركة)} = F_{(مؤثرة)} - F_{(احتكاك)}$

(٢) إذا تحرك الجسم تحت تأثير قوة (F) بعجلة منتظمة (a) تنطبق على حركته معادلات الحركة الثلاث.

مثال ١

تحركت سيارة كتلتها 1000 kg من السكون بعجلة منتظمة لتكتسب سرعة 20 m/s بعد زمن 5 s ، احسب قوة دفع السيارة للأمام (بفرض عدم وجود احتكاك).

الحل

| $F = ?$ | $t = 5\ s$ | $v_f = 20\ m/s$ | $v_i = 0$ | $m = 1000\ kg$ |

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{20 - 0}{5} = 4\ m/s^2$$

$$F = ma = 1000 \times 4 = 4000\ N$$

مثال ٢

أثرت قوة مقدارها 20 N على جسم كتلته 3 kg فتحرك بعجلة منتظمة مقدارها $4\ m/s^2$، احسب قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح.

الحل

| $F_{(احتكاك)} = ?$ | $a = 4\ m/s^2$ | $m = 3\ kg$ | $F_{(مؤثرة)} = 20\ N$ |

$$F_{(محركة)} = F_{(مؤثرة)} - F_{(احتكاك)}$$

$$F_{(احتكاك)} = F_{(مؤثرة)} - F_{(محركة)} = F_{(مؤثرة)} - ma = 20 - (3 \times 4) = 8\ N$$



مثال (٣)

تؤثر قوة مقدارها 1 N على مكعب خشبي فتكسبه عجلة معلومة، وعندما تؤثر القوة نفسها على مكعب آخر تكسبه عجلة ثلاثة أمثال العجلة الأولى، احسب النسبة بين كتلة المكعب الأول وكتلة المكعب الثاني.

الحل

$F = 1\ N$	$a_2 = 3\ a_1$	$\frac{m_1}{m_2} = ?$

$F = m_1 a_1 \quad , \quad F = m_2 a_2$

$m_1 a_1 = m_2 a_2$

$m_1 a_1 = m_2 (3\ a_1) \quad , \quad m_1 = 3\ m_2$

$\frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{1}$

مثال (٤)

كـرة تنس كتلتها 0.06 kg قذفت رأسـيًا لأعلى ثم ضُربـت بالمضرب عندما كانت عند أقصى ارتفاع لها، فإذا علمت أنها تركت المضرب بعد زمن تلامس 4 ms بسرعة 55 m/s، احسب متوسط القوة المؤثرة على كرة التنس خلال فترة التلامس.

الحل



تكون سـرعة الكرة عند أقصى ارتفاع تصل إليه مساوية للصفر، وبالتالي فإن سرعتها الابتدائية لحظة ملامستها للمضرب تكون كذلك مساوية للصفر.

$m = 0.06\ kg$	$v_i = 0$	$\Delta t = 4\ ms$	$v_f = 55\ m/s$	$F = ?$

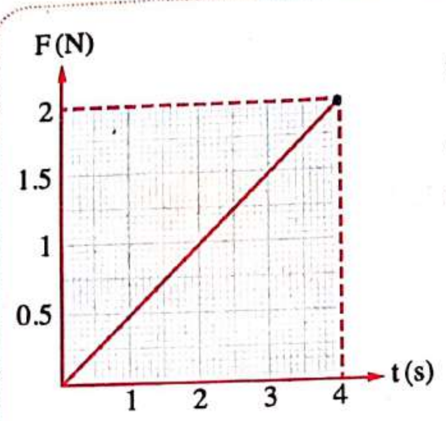
$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{t} = \frac{m\,(v_f - v_i)}{t} = \frac{0.06\,(55 - 0)}{4 \times 10^{-3}} = 825\ N$$





الشكل البيانى المقابل يوضح تغير القوة المحصلة (F) المؤثرة على جسم يتحرك فى اتجاه ثابت بمرور الزمن (t)، فإذا علمت أن الجسم بدأ حركته من السكون ووصلت سرعته إلى 4 m/s فى نهاية الثانية الرابعة،

• احسب كتلة هذا الجسم.



الحل

$v_i = 0$	$v_f = 4\ m/s$	$\Delta t = 4\ s$	$m = ?$

$\because F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$ $\therefore F\Delta t = m\Delta v$

∴ المساحة (A) تحت منحنى (القوة – الزمن) تمثل التغير فى كمية تحرك الجسم.

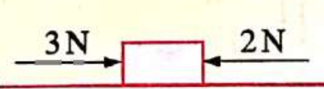
$\therefore m\Delta v = A$ $\therefore m\,(v_f - v_i) = A$

$\therefore m(4-0) = \frac{1}{2} \times 4 \times 2$

$\therefore m = 1\ kg$

اختبر نفسك

١ اختر : إذا تأثر جسم موضوع على سطح أفقى عديم الاحتكاك بقوتين كما بالشكل، فإنه يتحرك ....



(أ) يسارًا بسرعة ثابتة (ب) يسارًا بعجلة ثابتة

(ج) يمينًا بسرعة ثابتة (د) يمينًا بعجلة ثابتة

٢ اختر : يؤثر شخص بقوة F على صندوق ساكن موضوع على سطح أفقى عديم الاحتكاك لتصل سرعته إلى v بعد زمن t، فإذا أعاد الشخص التجربة بقوة 2 F فإنه يصل إلى نفس السرعة v بعد زمن ....

(أ) 4 t (ب) 2 t (ج) $\frac{t}{2}$ (د) $\frac{t}{4}$






الغرض من التجربة

- استنتاج العلاقة بين القوة المؤثرة على جسم والعجلة الناتجة عنها.

فكرة التجربة

- حســاب العجلة (a) التى تتحرك بها عربة صغيرة عند ســحبها باستخدام قوى معلومة (F) ناشئة عن أثقال معلومة الكتلة (m)، من العلاقة :

$$a = \frac{F}{m}$$

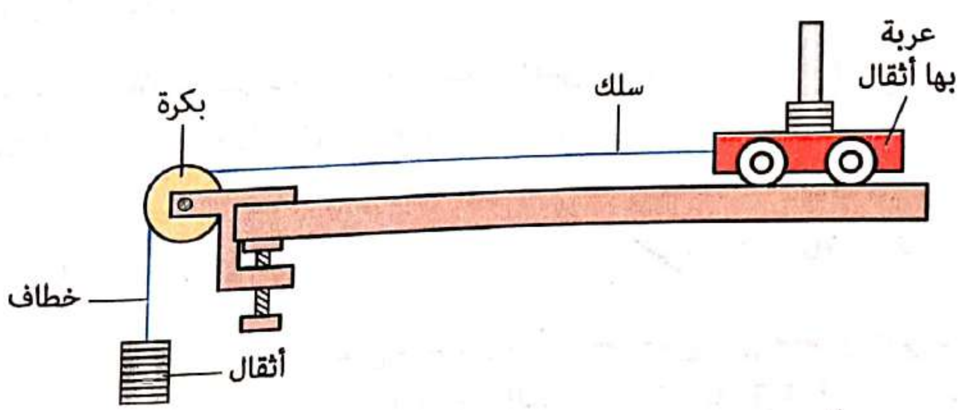
- رسم العلاقة بين القوة والعجلة لاستنتاج العلاقة بينهما.

الأدوات

- عربة صغيرة.
- بكرة.
- أثقال معلومة الكتلة.
- ساعة إيقاف.
- سلك.

الخطوات

(١) ركب الأدوات (كما فى الشكل).



(٢) أضــف أثقــالًا كتلــة كل منهــا 5 g بشــكل تدريجى إلى الخطــاف حتى تبــدأ العربة تتحــرك ببطء بســرعة منتظمة، وذلك يعنى أن هذه الأثقال قد ألغــت تأثير قوة الاحتكاك.

(٣) أضف ثقلًا كتلته 10 g (0.01 kg) إلى الخطاف.



(٤) قس المسـافة (d) التى سـتتحركها العربة واحسـب الزمن (t) اللازم لقطع هذه المسافة باستخدام ساعة إيقاف.

(٥) كرر الخطوة السابقة ثلاث مرات واحسب متوسط الزمن.

(٦) احسب القوة المسببة للعجلة (الناتجة عن الأثقال) من العلاقة : $F = mg$

(٧) احسب العجلة التى تتحرك بها العربة من العلاقة : $a = \frac{2d}{t^2}$

(٨) كرر الخطوات السـابقة وفى كل مرة أضف ثقلًا 10 g للخطاف مع تسـجيل النتائج فى الجدول التالى :

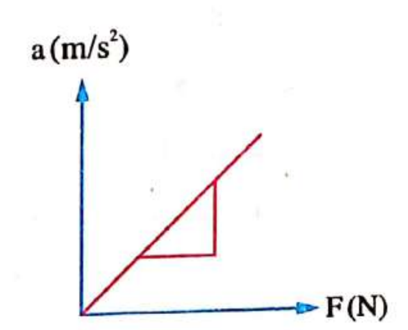
الكتلة	القوة	الزمن	(الزمن)^٢	المسافة	العجلة
0.01 kg	0.1 N	....	....	....	....
0.02 kg	0.2 N	....	....	....	....
0.03 kg	0.3 N	....	....	....	....

(٩) ارسم العلاقة البيانية بين القوة على المحور الأفقى والعجلة على المحور الرأسى.

الاستنتاج

• برسم العلاقة البيانية بين القوة والعجلة نحصل على خط مستقيم.

أى أن : عجلة حركة الجسم تتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة عليه.



$$slope = \frac{\Delta a}{\Delta F} = \frac{1}{m}$$

الكتلة والوزن Mass and Weight

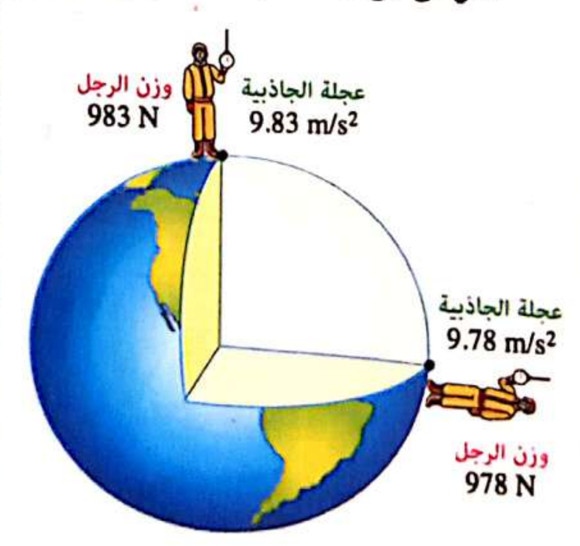
* يختلف مفهوم الكتلة (m) عن مفهوم الوزن (w)، والجدول التالى يوضح أوجه المقارنة بينهما :

	الكتلة (m)	الــوزن (w)
المفهوم	مقدار ممانعة الجسم لأى تغيير فى حالته الحركية الانتقالية	قوة جذب الأرض للجسم
نوع الكمية الفيزيائية	كمية أساسية قياسية	كمية مشتقة متجهة، اتجاهها نحو مركز الأرض
العلاقة الرياضية	$m = \frac{F}{a}$	w = mg
وحدة القياس	الكيلوجرام (kg)	النيوتن (N)
صيغة الأبعاد	M	$M.L.T^{-2}$
التأثر بالمكان	ثابتة مهما تغير المكان	يتغير بتغير عجلة الجاذبية الأرضية من مكان لآخر

ملاحظات

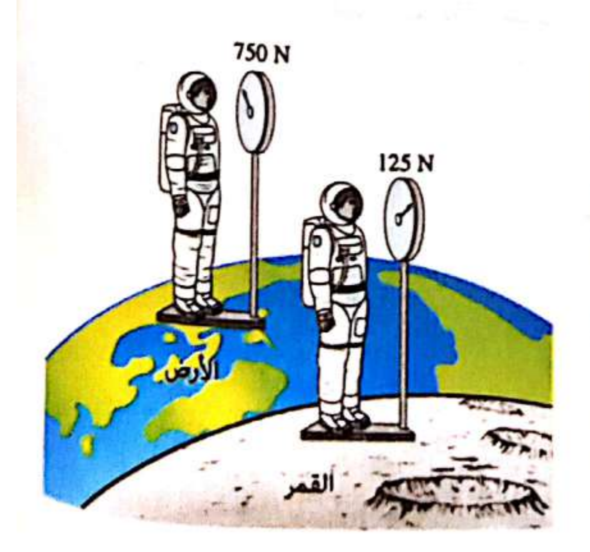
(١) يتغير وزن الجســـم من مكان لآخر على سطح الأرض،

لتغير عجلة الجاذبيــة الأرضية تغيرًا طفيفًا مـن مكــان لآخــر علــى سطــح الأرض (w = mg).



(٢) يختلف وزن رائد الفضاء على سطح القمر عنه على سطح الأرض،

لاختـلاف عجلــة الجاذبية على ســطح القمر عنها على سطح الأرض.





(٣) وزن الجسم عدديًا دائمًا أكبر من كتلته على سطح الأرض،

لأن وزن الجسم = كتلته × عجلة الجاذبية

فمثلاً : الجسم الذى كتلته = 50 kg

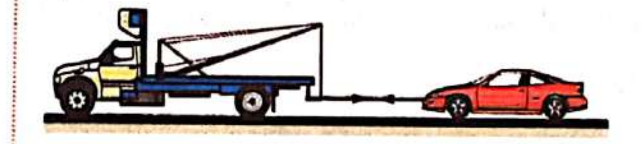
وزنه = 9.8 × 50 = 490 N

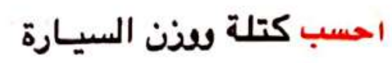


فى الشكل المقابل يسحب ونش سيارة بقوة 3000 N فتتحرك بعجلة $3\ m/s^2$ ،

احسب كتلة ووزن السيارة

(علمًا بأن : $g = 9.8\ m/s^2$).





F = 3000 N	$a = 3\ m/s^2$	$g = 9.8\ m/s^2$	m = ?	w = ?

$\because F = ma$

$\therefore 3000 = m \times 3$

$\therefore m =$ **1000 kg**

$w = mg = 1000 \times 9.8 =$ **9800 N**

اختبر نفسك

اختر : إذا كانت قراءة ميزان يقف عليه أحد الطلاب بكلتا قدميه 500 N، فإن قراءة الميزان عند رفع الطالب إحدى قدميه تصبح ....

(أ) 0 (ب) 250 N (جـ) 500 N (د) 1000 N

مجاب عنها

الأسئلة المشار إليها بالعلامة تقيس مستويات التفكير العميقة

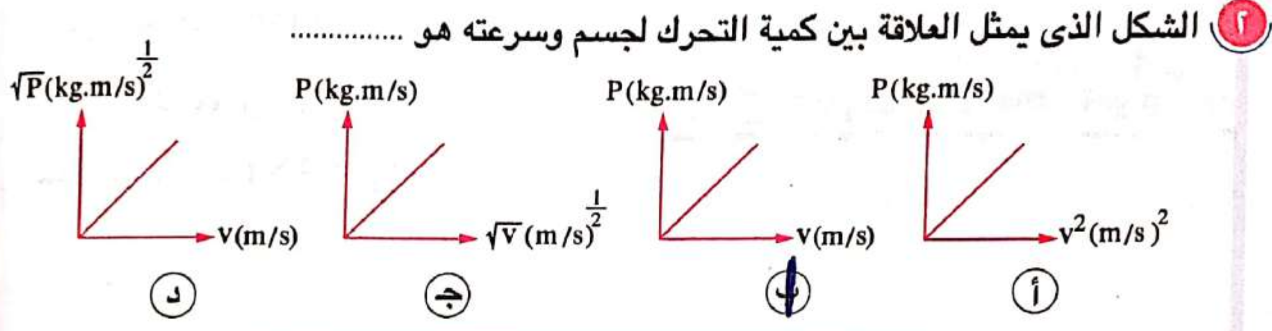
أولًا أسئلة الاختيار من متعدد

(١) حاصل ضرب كتلة الجسم × المعدل الزمنى للتغير فى إزاحته هو ....

P=m.v

(أ) القوة (ب) كمية التحرك (جـ) العجلة (د) الوزن

(٢) الشكل الذى يمثل العلاقة بين كمية التحرك لجسم وسرعته هو ....



(٣) إذا قلت كتلة جسم إلى النصف وزادت كمية تحركه إلى الضعف فإن ذلك يعنى أن السرعة التى يتحرك بها ....

(أ) لم تتغير (ب) قلت للنصف

(جـ) زادت للضعف (د) زادت إلى أربعة أمثالها

(٤) عندما يسقط الجسم سقوطًا حرًا نحو الأرض ....

(أ) تزداد كمية تحركه (ب) تزداد كتلته

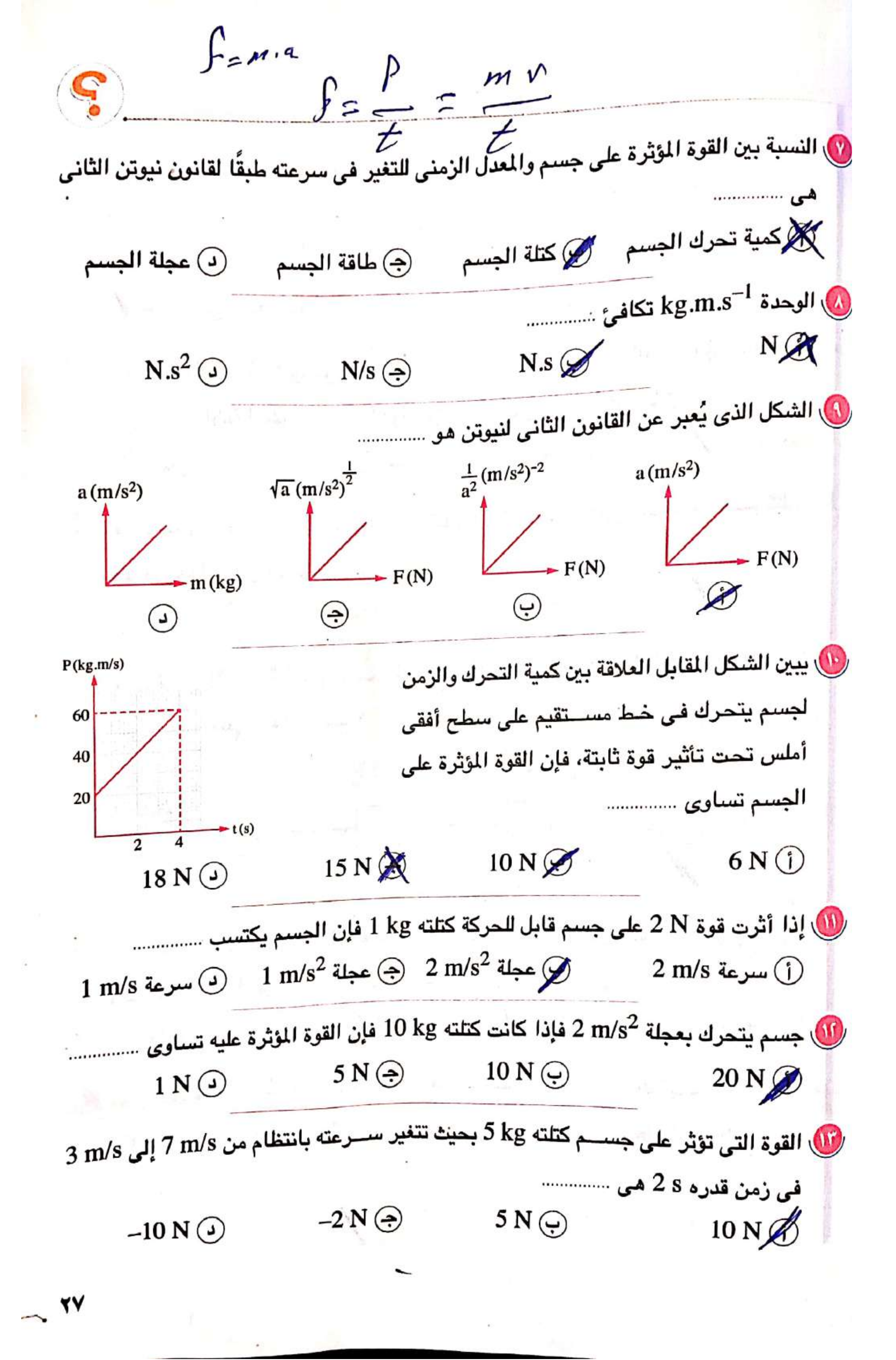
(جـ) تقل عجلة حركته (د) تقل سرعته

(٥) جسم كتلته 0.5 kg سقط من السكون من ارتفاع 180 cm عن سطح الأرض، فتكون كمية تحرك الجسم عند وصوله لسطح الأرض تساوى .... $(g = 10\ m/s^2)$

(أ) 3 kg.m/s (ب) 5 kg.m/s (جـ) 6 kg.m/s (د) 9 kg.m/s

(٦) الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثانى هى ....

(أ) $F = \frac{m\Delta P}{\Delta t}$ (ب) $F = \frac{v\Delta m^2}{\Delta t}$ (جـ) $F = \frac{m\Delta v^2}{\Delta t}$ (د) $F = \frac{\Delta mv}{\Delta t}$



$F = m.a$

$F = \frac{P}{t} = \frac{mv}{t}$

٧) النسبة بين القوة المؤثرة على جسم والمعدل الزمنى للتغير فى سرعته طبقًا لقانون نيوتن الثانى هى ....

أ) كمية تحرك الجسم ب) كتلة الجسم ج) طاقة الجسم د) عجلة الجسم

٨) الوحدة $kg.m.s^{-1}$ تكافئ ....

أ) N ب) N.s ج) N/s د) $N.s^2$

٩) الشكل الذى يُعبر عن القانون الثانى لنيوتن هو ....

١٠) يبين الشكل المقابل العلاقة بين كمية التحرك والزمن لجسم يتحرك فى خط مستقيم على سطح أفقى أملس تحت تأثير قوة ثابتة، فإن القوة المؤثرة على الجسم تساوى ....

أ) 6 N ب) 10 N ج) 15 N د) 18 N

١١) إذا أثرت قوة 2 N على جسم قابل للحركة كتلته 1 kg فإن الجسم يكتسب ....

أ) سرعة 2 m/s ب) عجلة $2\ m/s^2$ ج) عجلة $1\ m/s^2$ د) سرعة 1 m/s

١٢) جسم يتحرك بعجلة $2\ m/s^2$ فإذا كانت كتلته 10 kg فإن القوة المؤثرة عليه تساوى ....

أ) 20 N ب) 10 N ج) 5 N د) 1 N

١٣) القوة التى تؤثر على جسم كتلته 5 kg بحيث تتغير سرعته بانتظام من 7 m/s إلى 3 m/s فى زمن قدره 2 s هى ....

أ) 10 N ب) 5 N ج) –2 N د) –10 N

١٤ إذا زادت القوة المؤثرة على جسم متحرك للضعف وقلت كتلته للنصف فإن العجلة التى يتحرك بها الجسم ....

أ) تقل للنصف
ب) تزداد للضعف
جـ) تزداد إلى أربعة أمثالها
د) تقل للربع

١٥ عربة كتلتها 500 kg وأخرى كتلتها 1500 kg تتحركان بنفس العجلة فإن القوة المؤثرة على العربة ذات الكتلة الأكبر .... القوة المؤثرة على العربة ذات الكتلة الأقل.

أ) تساوى
ب) نصف
جـ) ضعف
د) ثلاثة أمثال

١٦ النسبة بين العجلة التى يتحرك بها جسم كتلته 2 kg والعجلة التى يتحرك بها جسم كتلته 4 kg عند تأثرهما بنفس القوة هى ....

أ) $\frac{1}{4}$
ب) $\frac{4}{1}$
جـ) $\frac{1}{2}$
د) $\frac{2}{1}$

١٧ أثرت قوتان 3 N ، 5 N على جسم ما، أى من الحالات «الأشكال» التالية يمثل أقل قيمة للعجلة التى سوف يتحرك بها الجسم ؟ ....

١٨ أثرت قوة أفقية مقدارها 24 N على جسم كتلته 5 kg فتحرك على مستوى أفقى بعجلة مقدارها $3\ m/s^2$ فإن مقدار قوى الاحتكاك يساوى ....

أ) 6 N
ب) 8 N
جـ) 9 N
د) 39 N

١٩ تحركت قطعة خشبية كتلتها 2 kg على مستوى أفقى بعد التأثير عليها بقوة أفقية مقدارها 6 N فإذا كان مقدار قوى الاحتكاك يساوى 2 N فإن عجلة تحرك القطعة الخشبية تساوى ....

أ) $6\ m/s^2$
ب) $2\ m/s^2$
جـ) $-3\ m/s^2$
د) $-4\ m/s^2$

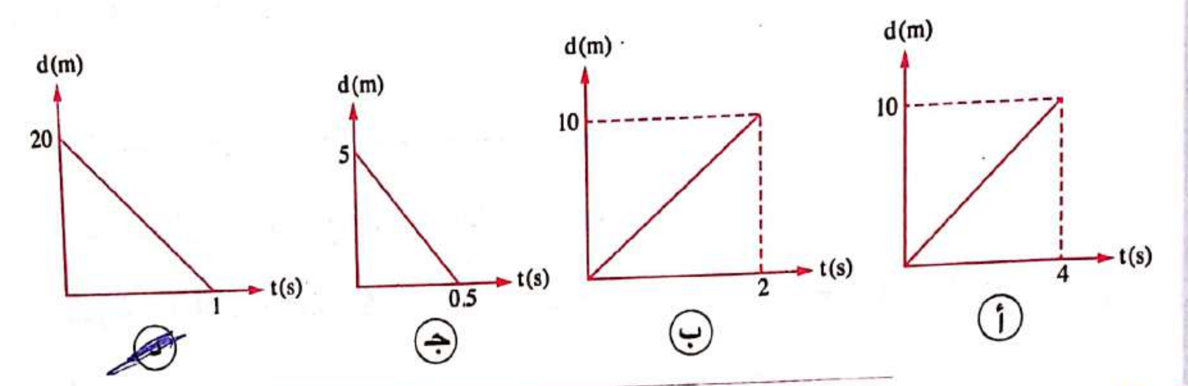


(٢٠) جسم وزنه $120\ N$ على سطح الأرض، فإن وزنه على سطح القمر يساوى ....

(علمًا بأن : عجلة الجاذبية على سطح القمر = $\frac{1}{6}$ عجلة الجاذبية على سطح الأرض).

(أ) $120\ N$ (ب) $100\ N$ (جـ) $60\ N$ (د) $20\ N$

(٢١) الأشـــكال البيانية التالية تعبر عن أربع حالات لحركة جسم، فيكون الشكل البيانى المعبر عن حالة الجسم الذى له أكبر كمية تحرك هو ....



(٢٢) بدأت سيارة كتلتها $1000\ kg$ الحركة من السكون بعجلة منتظمة فكانت كمية تحركها بعد $2\ s$ هى $4 \times 10^3\ kg.m/s$، فتكون كمية تحركها بعد $4\ s$ من بداية الحركة هى ....

(أ) $8 \times 10^3\ kg.m/s$ (ب) $16 \times 10^3\ kg.m/s$

(جـ) $4\sqrt{2} \times 10^3\ kg.m/s$ (د) $8\sqrt{2} \times 10^3\ kg.m/s$

(٢٣) الرســـم البيانى المقابل يعبر عن العلاقة بين كمية تحرك جســـم تؤثر عليه قوة F والزمن، فتكون القوة المؤثرة على الجسم ....

(أ) منعدمة

(ب) فى نفس اتجاه الحركة

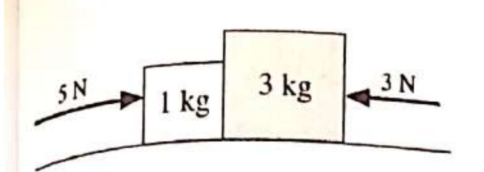
(جـ) فى عكس اتجاه الحركة

(د) عمودية على اتجاه الحركة

(٢٤) تبدأ عربة كتلتها $240\ kg$ الحركة من الســكون على طريق مستقيم أفقى بتأثير قوة أفقية قدرها $750\ N$ فبلغت سرعتها $5\ m/s$ بعد قطعها مسافة $10\ m$ فيكون مقدار قوة الاحتكاك بين سطح الأرض والعربة هو ....

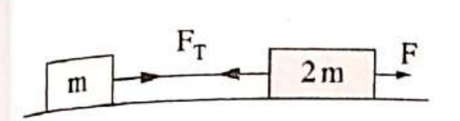
(أ) $150\ N$ (ب) $200\ N$ (جـ) $300\ N$ (د) $450\ N$

(٢٥) الشكل المقابل يوضح كتلتين متلامستين، فتكون محصلة القوى المؤثرة على الكتلة الأكبر ....



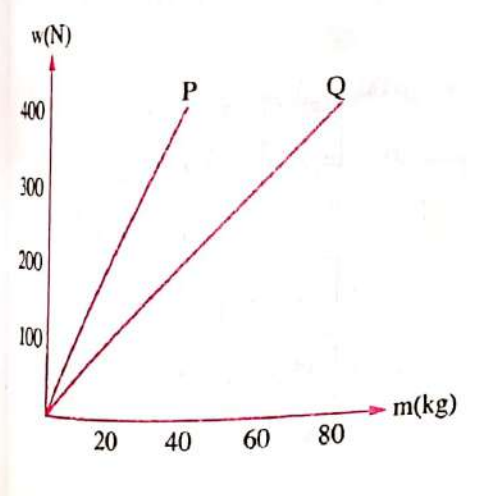
(أ) أكبر من 2 N
(ب) تساوى 2 N
(جـ) أقل من 2 N
(د) لا يمكن تحديد الإجابة

(٢٦) جسمان متصلان بحبل مهمل الكتلة وموضوعان على سطح أملس، فإذا أثرت قوة خارجية (F) كما بالشكل فإن قوة الشد فى الحبل (F_T) تساوى ....



(أ) zero
(ب) 2 F
(جـ) F
(د) $\frac{F}{3}$

(٢٧) الشكل البيانى المقابل يوضح العلاقة بين وزن وكتلة مجموعة من الأجسام عند وضع كل منها على كوكبين P، Q، فإذا تم نقل جسم يزن 650 N على الكوكب P إلى الكوكب Q، فإن ....



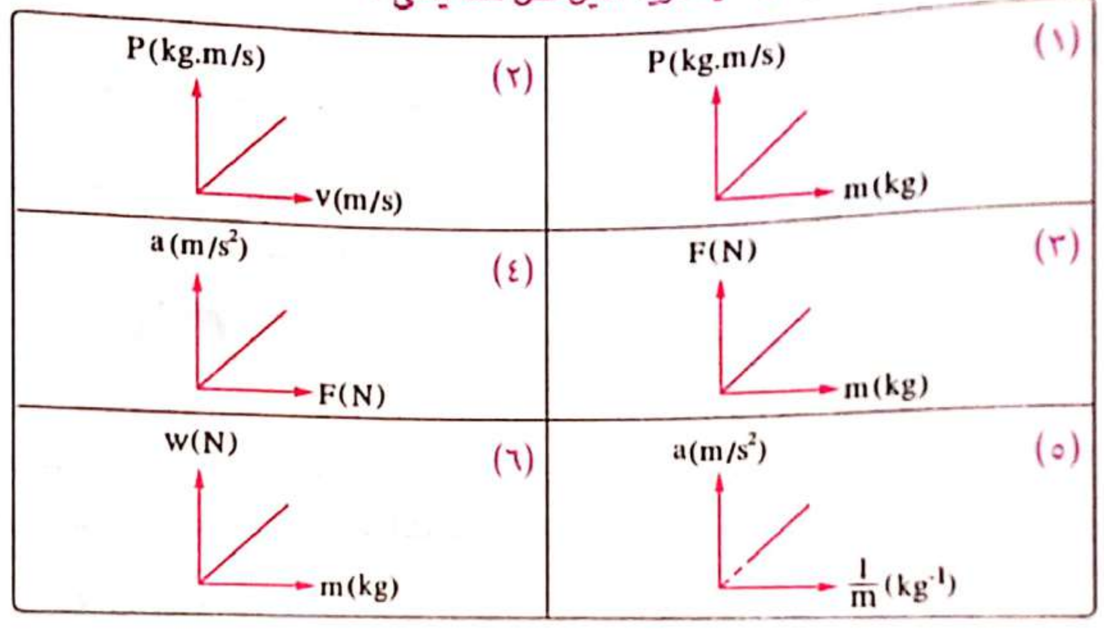
	كتلة الجسم على الكوكب Q (kg)	وزن الجسم على الكوكب Q (N)
(أ)	130	325
(ب)	130	1300
(جـ)	65	325
(د)	65	1300



ثانيًا أسئلة المقال

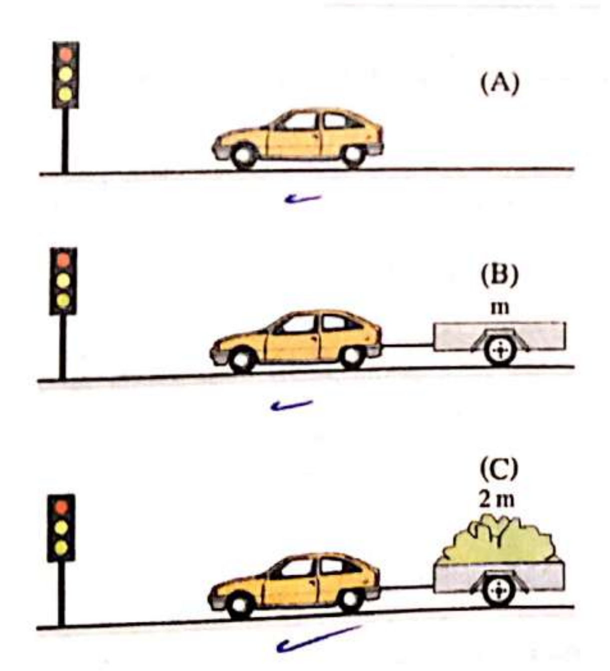
(١) يمكن القول بأن قانون نيوتن الأول هو حالة خاصة من قانون نيوتن الثانى، وضح ذلك.

(٢) اكتب العلاقة الرياضية وما يساويه الميل لكل مما يأتى :

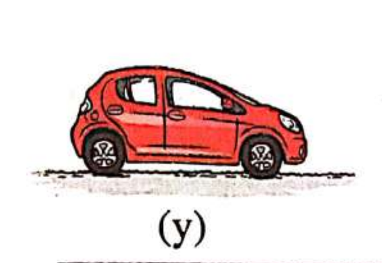


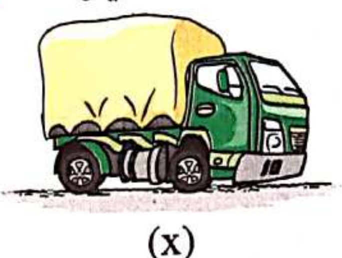
«حيث (P) كمية التحرك، (m) الكتلة، (v) السرعة، (F) القوة، (a) العجلة، (w) الوزن»

(٣) الشكل المقابل يوضح ثلاث سيارات متماثلة كتلة كل منها m، قارن بين أقصى قيمة للعجلة التى يمكن أن تتحرك بها السيارات الثلاث بعد تجاوزها الإشارة بفرض ثبوت قوى الاحتكاك.



٤ سيارتان x ، y تتحركان فى نفس الاتجاه تحت تأثير نفس القوة المحصلة، فإذا كانت كتلة السيارة y تساوى كتلة حمولة السيارة x، أى من السيارتين يتحرك بعجلة أكبر ؟


(y)


(x)

٥ فسر لماذا قامت شركات السيارات حديثًا بإضافة وسادة هوائية إلى السيارات.

٦ إذا تحرك جسم من السكون بعجلة منتظمة a فأصبحت كمية تحركه P خلال زمن t، أثبت أن كمية تحركه تصبح 2 P بعد زمن 2 t من بداية الحركة.

ثالثًا المسائل



١ نسر كتلته 10 kg يطير بسرعة 20 m/s وغزالة كتلتها 50 kg تجرى بسرعة 5 m/s، بيِّن أيهما أكبر فى كمية التحرك. [الغزالة]



٢ جسم كتلته 0.5 kg يسقط سقوطًا حرًا من قمة برج فوصل إلى سطح الأرض بعد 4 s، احسب كمية التحرك التى يصل بها الجسم إلى الأرض. (علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$)

[20 kg.m/s]

٣ جسمان كتلة الأول 5 kg ويتحرك بسرعة 20 m/s، فإذا كانت كتلة الثانى 15 kg، احسب سرعة الجسم الثانى إذا كان للجسمين نفس كمية التحرك.

[6.67 m/s]

٤ أوجد القوة اللازمة لتعجيل كتلة مقدارها 10 kg تتحرك فى خط مستقيم بحيث تتغير سرعتها من 54 km/h إلى 108 km/h خلال 10 s

[15 N]

٥ جسم كتلته m أثرت عليه قوى مختلفة فتغيرت عجلة الحركة طبقًا للجدول التالى :



F (N)	10	20	30	40	50
a (m/s^2)	1	2	3	4	5

(١) مثل بيانيًا القوة (F) على المحور الأفقى، العجلة (a) على المحور الرأسى.

(٢) من الرسم أوجد دلالة الميل ومقداره.

[$\frac{1}{m}$ ، $\frac{1}{10}$ kg^{-1}]



٦ احسب القوة التى تؤثر على جسم ساكن كتلته 30 kg :

(١) لتكسبه عجلة قدرها $3\ m.s^{-2}$

(٢) لتكسبه سرعة قدرها $8\ m.s^{-1}$ فى زمن قدره 6 s

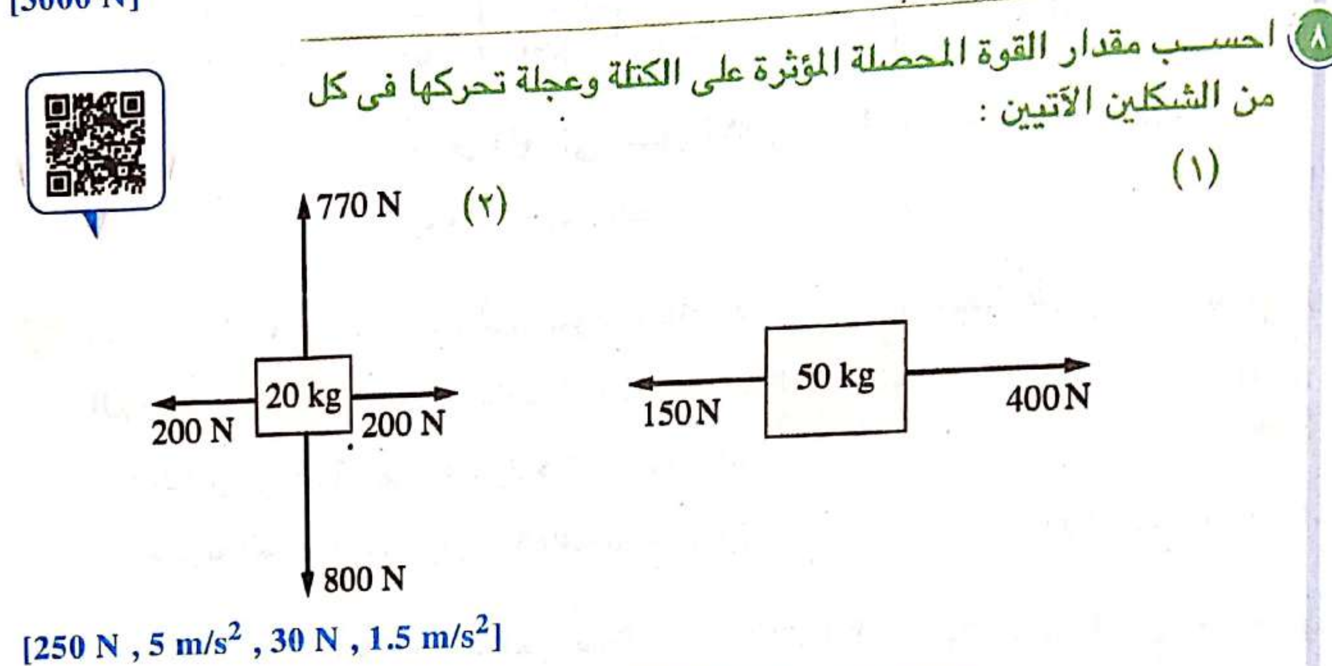
(٣) لتجعله يتحرك 50 m فى زمن قدره 5 s

[90 N , 40 N , 120 N]

٧ سيارة صغيرة كتلتها 600 kg تتحرك بسرعة 20 m/s على طريق مستقيم، استخدم قائدها الفرامل فتحركت بعجلة منتظمة مقدارها $5\ m/s^2$، أوجد مقدار القوة الناتجة من الفرامل.

[3000 N]

٨ احسب مقدار القوة المحصلة المؤثرة على الكتلة وعجلة تحركها فى كل من الشكلين الآتيين :

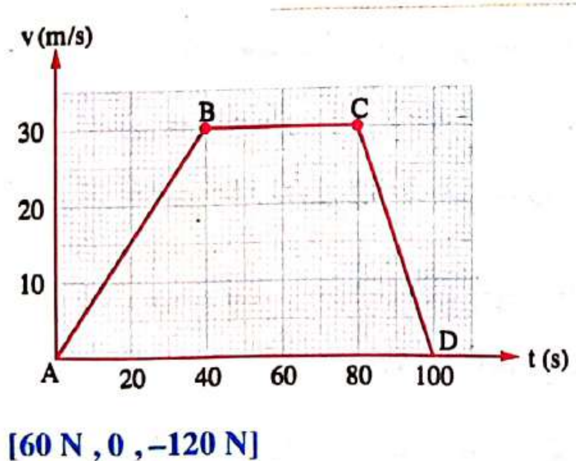


[250 N , 5 m/s^2 , 30 N , 1.5 m/s^2]

٩ أثرت قوة مقدارها 100 N على جسم كتلته 10 kg فغيرت سرعته من 10 m/s إلى 20 m/s، احسب المسافة التى تحركها الجسم نتيجة تأثير هذه القوة.

[15 m]

١٠ جسم كتلته 80 kg يتحرك خلال 100 s طبقًا للعلاقة البيانية الموضحة بالرسم، احسب القوة المؤثرة على الجسم فى كل مرحلة.



[60 N , 0 , –120 N]



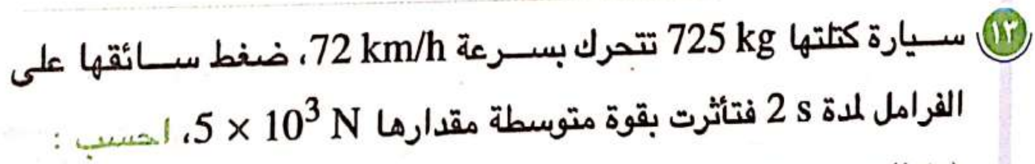
(١١) سـيارة كتلتها 1000 kg تتحرك بسـرعة 20 m/s ضغط سـائقها على الفرامل لتتوقف بعد مضى 10 s، احسب :

(١) كمية التحرك للسيارة قبل استخدام الكابح مباشرةً.

(٢) كمية التحرك للسيارة فى نهاية 10 s

(٣) القوة التى تؤثر بها الفرامل على السيارة. $[2 \times 10^4\ kg.m.s^{-1}\ ,0\ ,-2000\ N]$

(١٢) تؤثر قوة ثابتة على جسم ما كتلته 16 kg فتتغير كمية تحركه تبعًا للجدول التالى :



t (s)	1	2	3	4	5
P (kg.m/s)	100	200	300	400	500

(١) ارسم العلاقة البيانية بين (t) على المحور الأفقى، (P) على المحور الرأسى.

(٢) من الرسم أوجد القوة المؤثرة على الجسم. [100 N]

(١٣) سـيارة كتلتها 725 kg تتحرك بسـرعة 72 km/h، ضغط سـائقها على الفرامل لمدة 2 s فتأثرت بقوة متوسطة مقدارها 5×10^3 N، احسب :

(١) التغير فى كمية تحرك السيارة خلال تلك الفترة.

(٢) سرعة السيارة بعد زوال قوة الفرامل مباشرةً. $[-10^4$ kg.m/s , 6.2 m/s]

(١٤) أثرت قوتان متساويتان على جسمين مختلفين فى الكتلة $m_1 = 5$ kg ، $m_2 = 1$ kg فاكتسبت الكتلة الأولى عجلة مقدارها a_1 والثانية عجلة مقدارها $20\ m/s^2$.

أوجد مقدار العجلة a_1 $[4\ m/s^2]$

(١٥) أثرت قوتان متسـاويتان علـى جسمين اكتسب الأول عجلـة مقدارها $8\ m/s^2$ وتغيرت سرعة الثانى من السكون إلى 48 m/s خلال زمن 3 s

إذا كانت كتلة الأول 5 kg، فكم تكون كتلة الجسم الثانى ؟ [2.5 kg]

(١٦) دخل جسم بسـرعة 20 m/s إلى سطح خشن فتناقصت سرعته بسبب الاحتكاك حتى توقف تمامًا بعد أن قطع مسافة 40 m، فإذا كانت كتلة الجسم 8 kg، فما قوة الاحتكاك ؟

[-40 N]



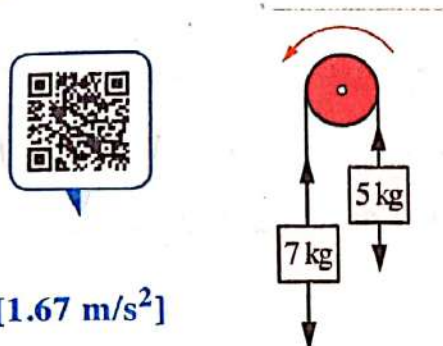
(١٧) سـيارة كتلتها 500 kg بدأت حركتها من السكون على طريق أفقى تحت تأثير قوة المحرك وقدرها 300 N ، فإذا كانت قوى الاحتكاك 50 N، أوجد :

(١) القوة المحركة للسيارة.

(٢) العجلة التى تتحرك بها السيارة.

[250 N , 0.5 m/s^2]

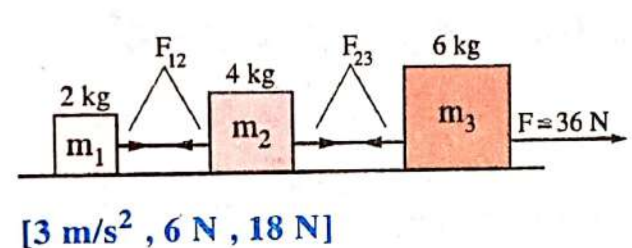
(١٨) احسب العجلة التى تتحرك بها مجموعة الأثقال إذا علمت أن الكتلة الأولى تساوى 5 kg والكتلة الثانية تساوى 7 kg مع إهمال قوى الاحتكاك. (علمًا بأن $g = 10\ m/s^2$)



[1.67 m/s^2]

(١٩) ثلاث كتل متصلة بواسطة خيوط مهملة الكتل، سُحبت الكتل بقوة أفقية على سطح أملس كما فى الشكل، أوجد : (١) عجلة تحرك الكتل.

(٢) قوة الشد فى كل خيط.



[3 m/s^2 , 6 N , 18 N]

(٢٠) تتحرك سيارة أفقيًا تحت تأثير قوة 3000 N فتكتسب عجلة 3 m/s^2، أوجد كل من كتلة ووزن السيارة. ($g = 10\ m/s^2$)

[10^3 kg , 10^4 N]

(٢١) جسم كتلته 50 kg على سطح الأرض حيث عجلة الجاذبية الأرضية 9.8 m/s^2، أوجد :

(١) وزن الجسم على سطح الأرض.

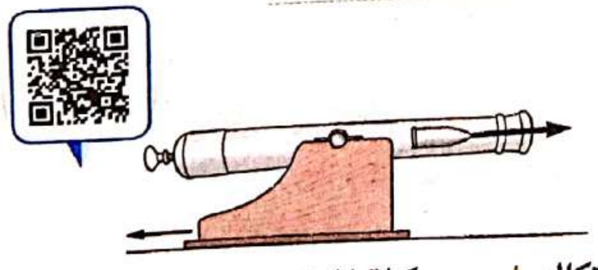
(٢) كتلة الجسم على سطح القمر.

[490 N , 50 kg]

(٢٢) ما وزن مجس فضائى كتلته 225 kg على سطح القمر، بفرض أن عجلة الجاذبية على سطح القمر تساوى 1.62 m/s^2 ؟

[364.5 N]

(٢٣) تم إطلاق قذيفة كتلتها 3.2 kg من مدفع موضوع فى وضع أفقى كما بالشكل فتحركت القذيفة بعجلة 2500 m/s^2 وارتد المدفع بعجلة مقدارها 0.76 m/s^2.



فإذا كان المدفع موضوع على سطح عديم الاحتكاك، احسب كتلة المدفع.

[10526.32 kg]

(٢٤) جسم ساكن أثرت عليه قوة تساوى نصف وزنه، احسب :

(١) سرعته بعد ثانيتين. (٢) المسافة التى يقطعها الجسم خلال ثانيتين.

(علمًا بأن : عجلة الجاذبية الأرضية = $10\ m/s^2$) [10 m/s , 10 m]

(٢٥) سقطت كرة من برج سقوطًا حرًا على أرض رملية فكانت سرعتها لحظة اصطدامها بالأرض 90 m/s، احسب كتلة الكرة إذا غاصت فى الرمل وتوقفت بعد 1 s وكان متوسط قوة مقاومة الرمل لحركة الكرة 3000 N – (علمًا بأن : عجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$).

[33.33 kg]

(٢٦) جوال من البطاطس كتلته 20 kg يُستخدم حبل لإنزاله رأسيًا لأسفل فاكتسب الجوال عجلة مقدارها $0.155\ m/s^2$، احسب قيمة الشد فى الحبل.

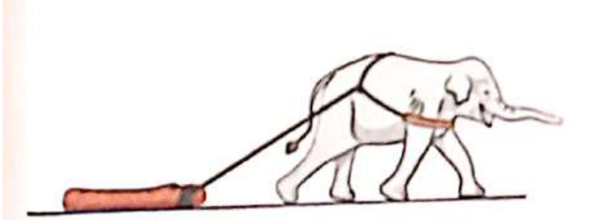
(علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$) [196.9 N]

(٢٧) علقت كتلة مقدارها 3.2 kg باستخدام حبل، احسب أكبر عجلة يمكن أن تكتسبها هذه الكتلة عند شدها رأسيًا لأعلى باستخدام الحبل إذا كانت أكبر كتلة يستطيع الحبل حملها 15 kg وهى فى حالة السكون.

(علمًا بأن : عجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$) [$36.88\ m/s^2$]

(٢٨) يجر فيل ساقًا خشبية كتلتها 0.5 ton على سطح أفقى بسرعة ثابتة بواسطة حبل يصنع زاوية 60° مع الأفقى كما فى الشكل ، إذا علمت أن قوى الاحتكاك بين الساق والأرض 200 N،

فاحسب :

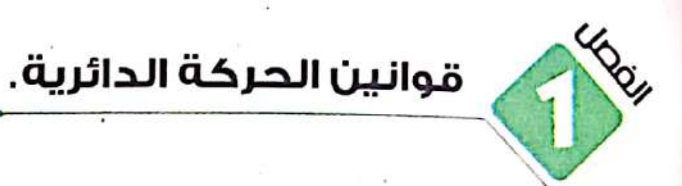


(١) قوة الشد فى الحبل.

(٢) قوة الشد اللازمة كى تكتسب الساق عجلة قدرها $2\ m/s^2$ [400 N , 2400 N]



الحركـــة الدائرية





الفصل 1 قوانين الحركة الدائرية.

الفصل 2 الجاذبية الكونية والحركة الدائرية.

مقدمة

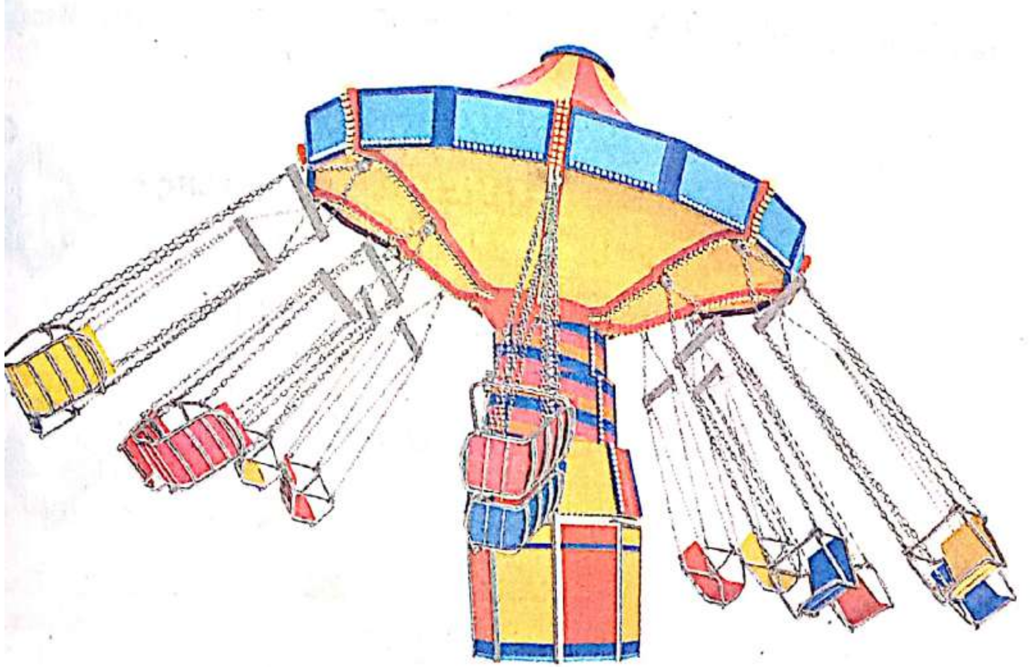
★ تعتبـر الحركـة فى دائرة من أهم أنواع الحركة الشـائعة فـى الطبيعة، كحركة الأرض حول الشـمس، والقمر حول الأرض، وحركة بعض الألعاب فى الملاهى وغيرها، لذا سـنخصص هذا الباب لدراسـة الحركة فى دائرة ووصف كيفيـة حدوثها ودراسـة العديد من الأمثلـة والتطبيقات الحياتية والتكنولوجية ذات الصلة بها واسـتنتاج العلاقات الرياضية المستخدمة فى وصفها.

نواتج التعلم المتوقعة

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يستنتج قوانين الحركة فى دائرة.
- يستنتج قيمة العجلة المركزية ويحدد مفهومها.
- يستنتج قانون القوة الجاذبة المركزية.
- يحسب قيمة القوة الجاذبة المركزية.
- يستنتج قانون الجذب العام.
- يستنتج عوامل تغير سرعة قمر صناعى أثناء حركته حول الأرض.
- يفسر دوران القمر حول الأرض فى مسار ثابت تقريبًا.





نواتج التعلم المتوقعة

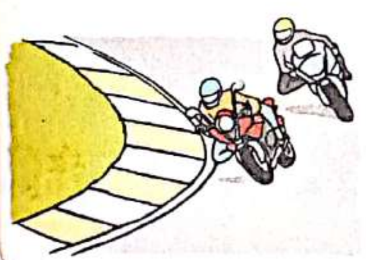
★ بعد دراسة هذا الفصل يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يستنتج قوانين الحركة في دائرة.
- يستنتج قيمة العجلة المركزية ويحدد مفهومها.
- يستنتج قانون القوة الجاذبة المركزية.
- يحسب القوة الجاذبة المركزية.


الفصل
1
قوانيـــن الحركة الدائرية
العـجـلـــــة الـمـــركـــــزيـــــة
القـــوة الجــاذبـــة المـــركـــزيـــة
أنــواع القــوة الجاذبــة المركـزيــة
أهم التطبيقات على الحركة الدائرية
في هذا الفصل سوف نتعرف

* من خلال دراستك لقانون نيوتن الثانى تعلمت أنه عندما تؤثر قوة على جسم متحرك بسرعة منتظمة فإنه يكتسب عجلة أى يحدث تغير فى سرعته، ويعتمد التغير الحادث فى السرعة على اتجاه القوة المؤثرة بالنسبة لاتجاه الحركة فإذا كان اتجاه القوة :

عمودى على اتجاه الحركة	عكس اتجاه الحركة	فى نفس اتجاه الحركة
◄ يظل مقدار سرعة الجسم المتحرك ثابت. ◄ يتغير اتجاه حركة الجسم.	◄ يقل مقدار سرعة الجسم المتحرك. ◄ لا يتغير اتجاه حركة الجسم.	◄ يزداد مقدار سرعة الجسم المتحرك. ◄ لا يتغير اتجاه حركة الجسم.
مثال		
◄ عندما يميل قائد الدراجة النارية بجسمه يمينًا أو يسارًا تتولد قوة عمودية على اتجاه الحركة فيتغير اتجاه الحركة ويسير فى مسار دائرى.	◄ عندما يضغط قائد الدراجة النارية على الفرامل فإن القوة تكون فى عكس اتجاه الحركة فتقل سرعتها.	◄ عندما يزيد قائد الدراجة النارية من حرق الوقود فإنها تتأثر بقوة فى نفس اتجاه الحركة فتزداد سرعتها.



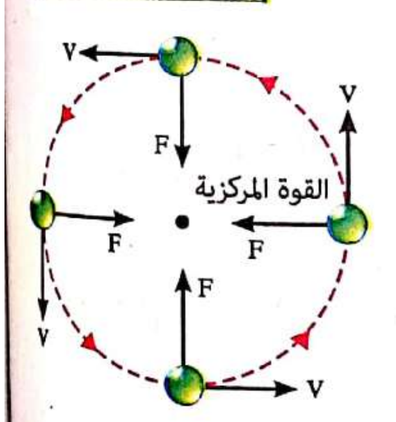


اتجاه القوة — اتجاه الحركة

* مما سبق يتضح أن :

لكى يتحرك جسم حركة دائرية منتظمة (فى مسار دائرى) لابد أن تؤثر عليه باستمرار قوة عمودية على اتجاه حركته وفى اتجاه مركز الدائرة يطلق عليها القوة الجاذبة المركزية.

بنك المعرفة المصرى



• الحركة الدائرية المنتظمة
حركة جسم فى مسار دائرى بسرعة ثابتة فى المقدار ومتغيرة فى الاتجاه.

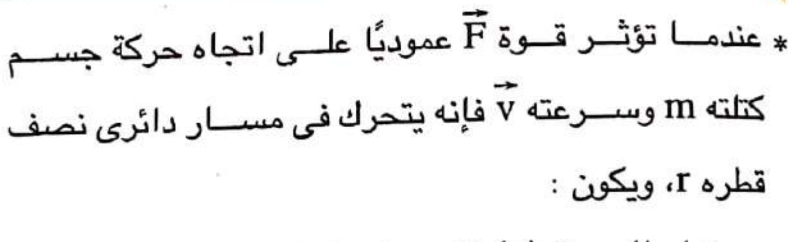
• القوة الجاذبة المركزية
القوة التى تؤثر باستمرار فى اتجاه عمودى على اتجاه حركة الجسم فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائرى.



قوانين الحركة الدائرية



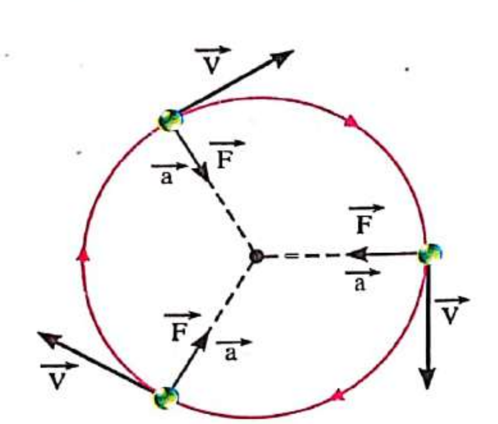




* عندما تؤثر قوة $\vec{F}$ عموديًا على اتجاه حركة جسم كتلته m وسرعته $\vec{v}$ فإنه يتحرك فى مسار دائرى نصف قطره r، ويكون :

– مقدار السرعة (v) ثابت على طول محيط الدائرة.

– اتجاه السرعة متغير باستمرار على طول محيط الدائرة، وتغير اتجاه السرعة يعنى اكتساب الجسم عجلة أثناء حركته الدائرية تسمى العجلة المركزية ($\vec{a}$) **ويكون اتجاهها فى نفس اتجاه القوة الجاذبة المركزية.**



• العجلة المركزية

العجلة التى يكتسبها الجسم فى الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة.

• الزمن الدورى

الزمن اللازم لعمل دورة كاملة فى المسار الدائرى.

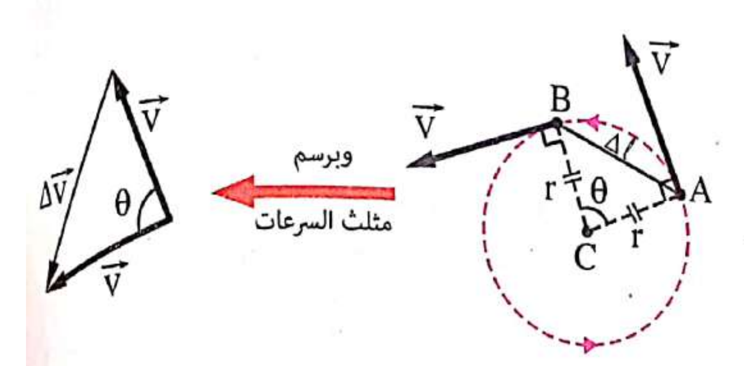
* إذا أتم هذا الجسم دورة كاملة فى نفس المسار الدائرى خلال زمن T يطلق عليه الزمن الدورى فإن السرعة v التى يتحرك بها يطلق عليها السرعة المماسية، وتحسب من العلاقة : $v = \frac{2\pi r}{T}$

واتجاهها دائمًا فى اتجاه المماس للمسار الدائرى.

* إذا أتم الجسم عدد N من الدورات الكاملة خلال زمن t، فإن الزمن الدورى لحركته يعطى من العلاقة : $T = \frac{t}{N}$

استنتاج العجلة المركزية (a)

* عند تحرك جسم من النقطة A إلى النقطة B كما بالشكل فإن السرعة ($\vec{v}$) تتغير في الاتجاه ولكن تحتفظ بمقدارها ثابتًا وبذلك فإن التغير في السرعة ($\Delta\vec{v}$) ينتج عن تغير في اتجاهها فقط.



من تشابه المثلث (CAB) مع مثلث السرعات :

$$\frac{\Delta \ell}{r} = \frac{\Delta v}{v}$$

$$\Delta v = \frac{\Delta \ell}{r} v$$

إذا انتقل الجسم من A إلى B خلال فترة زمنية Δt فإن :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = v \frac{\Delta \ell}{\Delta t} \cdot \frac{1}{r}$$

$$\because v = \frac{\Delta \ell}{\Delta t}$$

$$\therefore a = \frac{v^2}{r}$$

العوامل التي تتوقف عليها العجلة المركزية

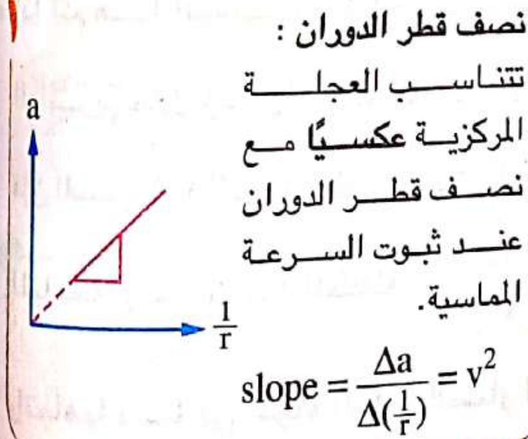
١ السرعة المماسية :

تتناسب العجلة المركزية طرديًا مع مربع السرعة المماسية عند ثبوت نصف قطر الدوران.

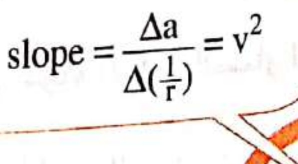
$$slope = \frac{\Delta a}{\Delta v^2} = \frac{1}{r}$$

٢ نصف قطر الدوران :

تتناسب العجلة المركزية **عكسيًا** مع نصف قطر الدوران عند ثبوت السرعة المماسية.



$$slope = \frac{\Delta a}{\Delta(\frac{1}{r})} = v^2$$





مثال (١)

كرة مثبتة بنهاية حبل تتحرك بانتظام فى دائرة أفقية نصف قطرها 0.6 m، فإذا قطعت الكرة دورتين كاملتين فى الثانية الواحدة، احسب السرعة المماسية للكرة وكذلك العجلة المركزية لها.

الحل

r = 0.6 m	N = 2	t = 1 s	v = ?	a = ?

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{2}\ s$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times \frac{22}{7} \times 0.6}{\frac{1}{2}} = 7.54\ m/s$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(7.54)^2}{0.6} = 94.75\ m/s^2$$

مثال (٢)

جسم يتحرك فى مسار دائرى أفقى منتظم نصف قطره 1 m بسرعة ثابتة، والشكل البيانى المقابل يوضح عدد الدورات التى يصنعها الجسم بمرور الزمن، احسب السرعة المماسية للجسم وكذلك العجلة المركزية التى يتأثر بها.

t (s)	0	0.5	1	1.5	2	2.5
N (دورة)	0	1	2	3	4	5

الحل

r = 1 m	v = ?	a = ?

$$slope = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{5-0}{2.5-0} = 2$$

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{slope} = 0.5\ s$$

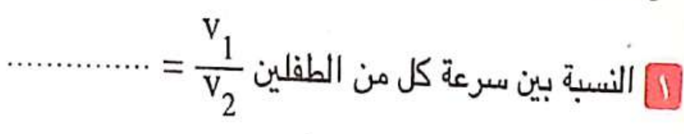
$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times \frac{22}{7} \times 1}{0.5} = 12.57\ m/s$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(12.57)^2}{1} = 158\ m/s^2$$



اختبر نفسك

اختر : الشكل المقابل يمثل لعبة العجلة الدوارة فى الملاهى، فإذا جلس طفلان متساويان فى الكتلة فى مكانين مختلفين بحيث كان بُعد الطفل الثانى عن المركز ضعف بُعد الطفل الأول عن المركز، فإن :



١ النسبة بين سرعة كل من الطفلين $\frac{v_1}{v_2} =$ ....

(أ) $\frac{1}{1}$ (ب) $\frac{1}{2}$ (جـ) $\frac{2}{1}$ (د) $\frac{1}{4}$

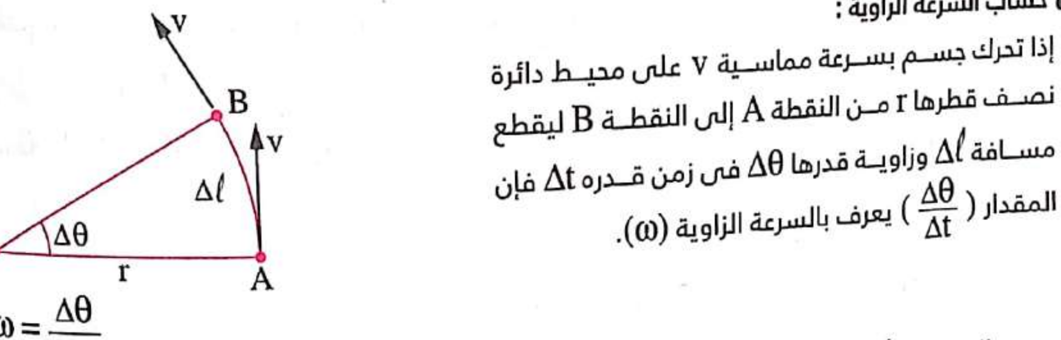
٢ النسبة بين العجلة المركزية لكل من الطفلين $\frac{a_1}{a_2} =$ ....

(أ) $\frac{1}{1}$ (ب) $\frac{1}{2}$ (جـ) $\frac{2}{1}$ (د) $\frac{1}{4}$

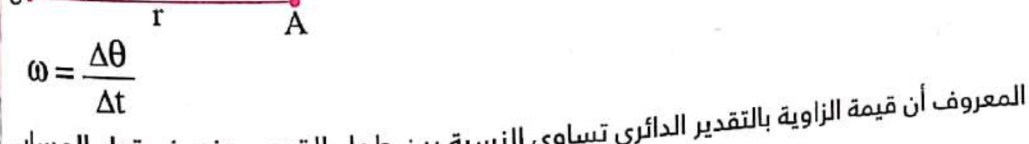
معلومة إثرائية

● **حساب السرعة الزاوية :**

إذا تحرك جسم بسرعة مماسية v على محيط دائرة نصف قطرها r من النقطة A إلى النقطة B ليقطع مسافة $\Delta\ell$ وزاوية قدرها $\Delta\theta$ فى زمن قدره Δt فإن المقدار ($\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$) يعرف بالسرعة الزاوية (ω).



$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$



، ومن المعروف أن قيمة الزاوية بالتقدير الدائرى تساوى النسبة بين طول القوس ونصف قطر المسار.

$$\Delta\theta = \frac{\Delta\ell}{r}$$

$$\therefore \omega = \frac{\Delta\ell/r}{\Delta t} = \frac{\Delta\ell}{\Delta t} \times \frac{1}{r} = \frac{v}{r}$$

$$\therefore v = \omega r$$

∴ السرعة المماسية = السرعة الزاوية × نصف القطر

$$\because v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$\therefore \omega r = \frac{2\pi r}{T}$$

$$\therefore \omega = \frac{2\pi}{T}$$



ثانيًا القوة الجاذبة المركزية

* عندما تؤثر قوة جاذبة مركزية F على جسم كتلته m فتجعله يتحرك فى مسار دائرى بعجلة مركزية a، فتبعًا لقانون نيوتن الثانى تعطى القوة من العلاقة :

$$F = ma$$

$$\because a = \frac{v^2}{r}$$

$$\therefore F = ma = \frac{mv^2}{r}$$

العوامل التى تتوقف عليها القوة الجاذبة المركزية

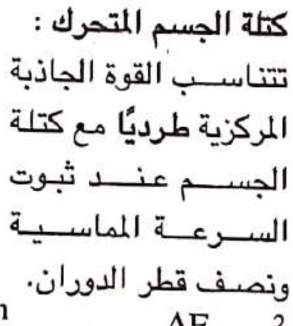
١ السرعة المماسية :

تتناسب القوة الجاذبة المركزية **طرديًا** مع مربع السرعة المماسية عند ثبوت الكتلة ونصف قطر الدوران.

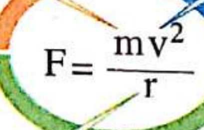
$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta v^2} = \frac{m}{r}$$

٢ كتلة الجسم المتحرك :

تتناسب القوة الجاذبة المركزية **طرديًا** مع كتلة الجسم عند ثبوت السرعة المماسية ونصف قطر الدوران.



$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta m} = \frac{v^2}{r}$$



٣ نصف قطر الدوران :

تتناسب القوة الجاذبة المركزية **عكسيًا** مع نصف قطر الدوران عند ثبوت الكتلة والسرعة المماسية.

$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta(\frac{1}{r})} = mv^2$$



مثال ١

حجر كتلته 600 g مربوط فى خيط طوله 50 cm ويدور فى مسار دائرى بسرعة 3 m/s :

(أ) احسب القوة الجاذبة المركزية.

(ب) ما الذى تتوقع حدوثه إذا كانت أقصى قوة شد يتحملها الخيط هى 8 N ؟

الحل

m = 600 g	r = 50 cm	v = 3 m/s	F = ?

(أ)

$$F = m\frac{v^2}{r} = 600 \times 10^{-3} \times \frac{(3)^2}{50 \times 10^{-2}} = 10.8\ N$$

(ب) القوة الجاذبة المركزية أكبر من أقصى قوة شد يتحملها الخيط لذا فإنه سينقطع ويتحرك الحجر فى خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائرى الذى كان يسلكه لحظة انقطاع الخيط.

مثال ٢

جسم كتلته 0.5 kg يتحرك حول محيط دائرة نصف قطرها 2 m بسرعة خطية ثابتة مقدارها 10 m/s، أوجد :

(أ) العجلة المركزية.

(ب) القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على الجسم.

الحل

m = 0.5 kg	r = 2 m	v = 10 m/s	a = ?	F = ?

(أ)

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(10)^2}{2} = 50\ m/s^2$$

(ب)

$$F = ma = 0.5 \times 50 = 25\ N$$





2 إثبات صحة علاقة القوة الجاذبة المركزية

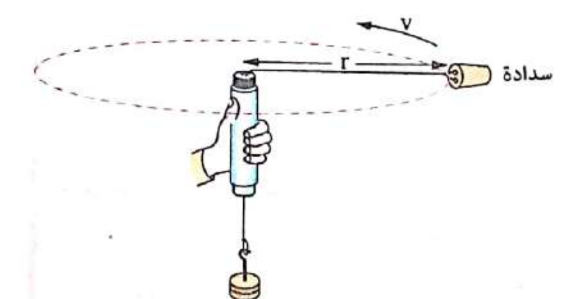
الغرض من التجربة

- إثبات صحة علاقة القوة الجاذبة المركزية.

الأدوات

- سدادة مطاطية.
- خيط.
- أنبوبة معدنية أو بلاستيكية.
- ثقل كتلته (M).
- ساعة إيقاف.

الخطوات



(١) اربط سدادة مطاطية كتلتها m فى خيط.

(٢) مرر الخيط خلال أنبوبة معدنية أو بلاستيكية.

(٣) اربط الطرف الآخر للخيط بثقل كتلته M

(٤) حرك قطعة المطاط فى مسار دائرى.

(٥) قس الزمن الدورى (T) باستخدام ساعة إيقاف.

(٦) احسب القوة الجاذبة المركزية (قوة شد الخيط)

والتى تساوى وزن الثقل من العلاقة : $F = F_T = Mg$

(٧) احسب سرعة حركة سدادة المطاط من العلاقة : $v = \frac{2\pi r}{T}$

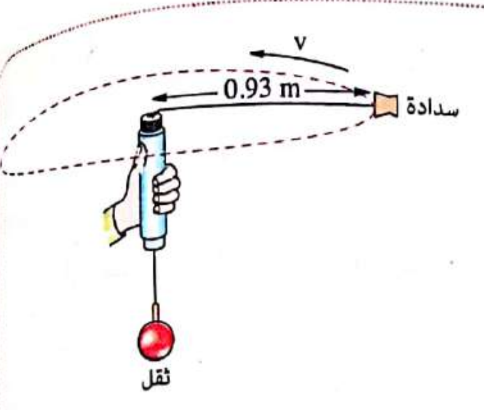
ومنها احسب قيمة : $\frac{mv^2}{r}$



الاستنتاج

$$F = Mg = \frac{mv^2}{r}$$





فى الشكل المقابل، إذا أديرت سدادة مطاطية كتلتها 13 g فى مسار دائرى أفقى نصف قطره 0.93 m لتصنع 50 دورة فى زمن قدره 59 s، **احسب** كتلة الثقل المعلق فى الطرف الآخر للخيط

(علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$ ، $\pi = 3.14$).

الحل

$M = ?$	$g = 10\ m/s^2$	$t = 59\ s$	$N = 50$	$r = 0.93\ m$	$m = 13\ g$

الزمن الدورى : $T = \frac{t}{N} = \frac{59}{50} = 1.18\ s$

سرعة حركة السدادة : $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 0.93}{1.18} = 4.95\ m/s$

القوة المركزية : $F = m\frac{v^2}{r} = 13 \times 10^{-3} \times \frac{(4.95)^2}{0.93} = 0.34\ N$

كتلة الثقل : $M = \frac{F}{g} = \frac{0.34}{10} = \mathbf{0.034\ kg}$

اختبر نفسك

كرة كتلتها 450 g مثبتة بنهاية حبل تدور فى دائرة نصف قطرها 1.3 m على طاولة أفقية سطحها أملس، **احسب** أقصى سرعة يمكن أن تصل إليها الكرة إذا كانت أقصى قوة شد يتحملها الحبل 75 N

....

....

....

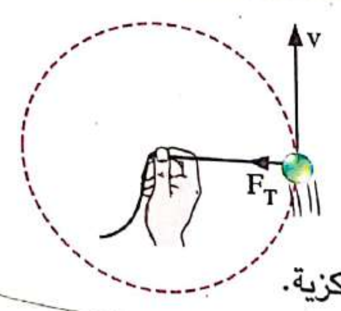


أنواع القوى الجاذبة المركزية Types of Centripetal Forces

* تعبر القوى الجاذبة المركزية عن أى قوة تؤثر عمودياً على مسار حركة الجسم وتجعله يتحرك فى مسار دائرى، وفيما يلى سوف نتعرف على كل منها :

① قوة الشد (F_T)

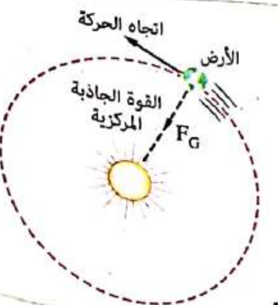
– عند إدارة جسم باستخدام حبل أو سلك تنشأ فى الحبل أو السلك قوة شد عمودية على اتجاه حركة الجسم تجعله يتحرك فى مسار دائرى بسرعة ثابتة.



أى أن : قوة الشد فى الحبل تعمل كقوة جاذبة مركزية.

② قوة التجاذب المادى (F_G)

– تنشأ بين الأرض والشمس قوة تجاذب عمودية على اتجاه حركة الأرض فتجعلها تتحرك فى مسار دائرى حول الشمس.

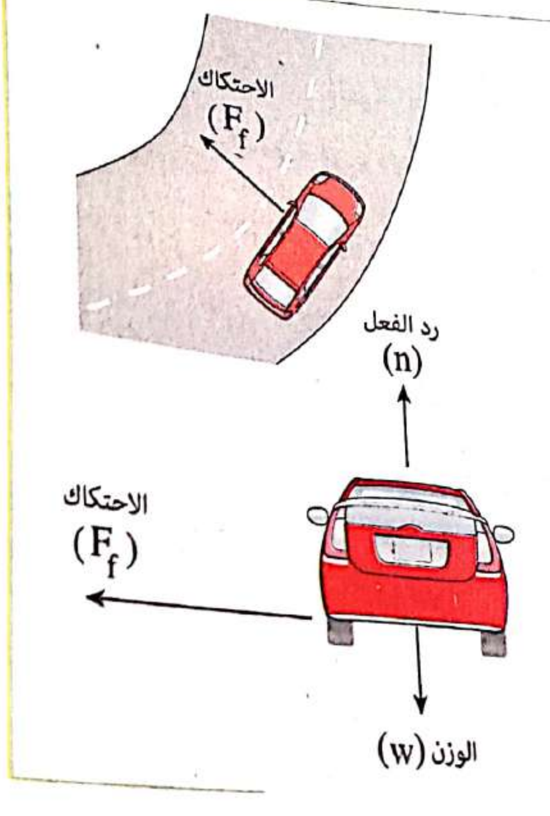


أى أن : قوة التجاذب المادى تعمل كقوة جاذبة مركزية.

③ قوة الاحتكاك (F_f)

– عندما تنعطف السيارة فى مسار دائرى أو منحنى تنشأ قوة احتكاك بين الطريق وإطارات السيارة.

– تكون هذه القوة عمودية على اتجاه الحركة وفى اتجاه مركز الدائرة فتجعل السيارة تتحرك فى مسار منحنى.



أى أن : قوة الاحتكاك تعمل كقوة جاذبة مركزية.

٤ مجموع المركبتين الأفقيتين لكل من قوة رد الفعل وقوة الاحتكاك باتجاه مركز الدوران

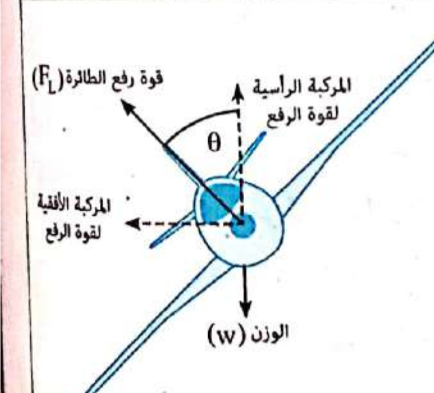
– عندما تتحرك سيارة فى مسار دائرى يميل على الأفقى بزاوية فإنها تتأثر بأكثر من قوة، منها :

المركبة الأفقية (n_x)
رد الفعل (n)
المركبة الرأسية (n_y)
θ
الوزن (W)
θ

- قوة رد الفعل، والتى تؤثر عموديًا على السيارة، وبتحليل متجه قوة رد الفعل فإن المركبة الأفقية لرد الفعل تكون عمودية على اتجاه الحركة وفى اتجاه المركز فتجعل السيارة تتحرك فى مسار منحنى.
- قوة الاحتكاك، وبتحليل متجه قوة الاحتكاك فإن المركبة الأفقية لقوة الاحتكاك تكون عمودية أيضًا على اتجاه الحركة فتجعل السيارة تتحرك فى مسار منحنى.

أى أن : القوة الجاذبة المركزية = مجموع المركبة الأفقية لقوة رد الفعل والمركبة الأفقية لقوة الاحتكاك باتجاه مركز الدوران.

٥ المركبة الأفقية لقوة الرفع



– تؤثر قوة رفع الطائرة عموديًا على جسم الطائرة.

– عندما تميل الطائرة فإن المركبة الأفقية لقوة الرفع تكون عمودية على اتجاه الحركة وفى اتجاه المركز فتتحرك الطائرة فى مسار دائرى.

أى أن : المركبة الأفقية لقوة رفع الطائرة تعمل كقوة جاذبة مركزية.



تجربة عملية 3
بيان الحركة فى دائرة

الغرض من التجربة

• وصف حركة جسم يتحرك فى مسار دائرى. • إدراك مفهوم القوة الجاذبة المركزية.

فكرة التجربة

• القوة الجاذبة المركزية تلزم لدوران جسم فى مسار دائرى.

الأدوات

• كرة تنس. • خيط (طوله حوالى 120 cm). • قلم رصاص.

الخطوات

(١) اربط كرة التنس بالخيط.

(٢) ارسم دائرة نصف قطرها مناسب باستخدام القلم الرصاص.

(٣) ضع الكرة عند نقطة على محيط الدائرة وامسك طرف الخيط بيدك عند مركز الدائرة.

(٤) أدر الكرة بسرعة مناسبة بحيث تتحرك على محيط الدائرة.

(٥) كرر الخطوة السابقة باستخدام أطوال مختلفة من الخيط، وسجل وصف الحركة فى الجدول التالى :

طول الخيط	وصف الحركة
25 cm	....
50 cm	....
75 cm	....
100 cm	....

(٦) اترك الخيط فجأة من يدك وسجل الاتجاه الذى تتحرك فيه الكرة.

الاستنتاج

• لكى تتحرك الكرة فى مسار دائرى لابد من جذب الخيط للداخل لتستمر الكرة فى الدوران فى مسارها (وجود قوة شد تعمل كقوة جاذبة مركزية).

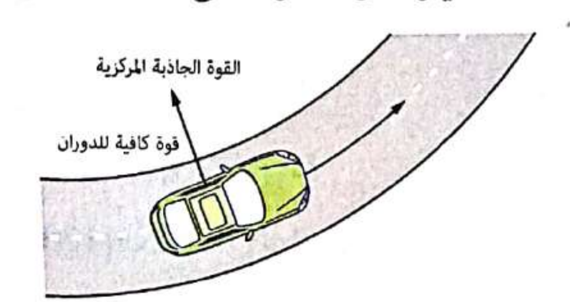
• عند ترك الخيط (غياب القوة الجاذبة المركزية) تنطلق الكرة بسبب القصور الذاتى فى خط مستقيم باتجاه مماس المسار الدائرى الذى كانت تسلكه لحظة الإفلات، وذلك بسرعة ثابتة فى المقدار والاتجاه يطلق عليها **السرعة المماسية**.

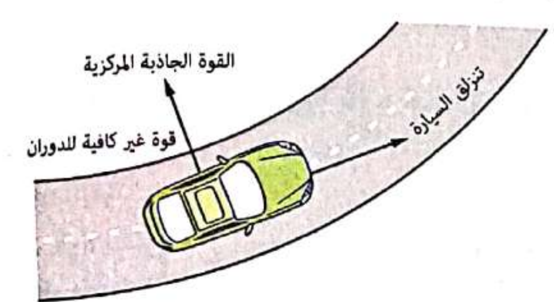


أهم التطبيقات على الحركة الدائرية

(١) تصميم منحنيات الطرق :

- يلزم حساب القوة الجاذبة المركزية عند تصميم منحنيات الطرق والسكك الحديدية لكى تتحرك السيارات والقطارات فى مسار منحنى دون أن تنزلق.





- إذا تحركت سيارة على طريق منحنى لزج فإن قوى الاحتكاك تكون غير كافية لدوران السيارة فى المسار المنحنى فتنزلق السيارة وتزحف الإطارات على الطريق الجانبى ولا تستمر فى المسار المنحنى.



- يمنع حركة سيارات النقل الثقيل على بعض المنحنيات الخطرة فكلما زادت كتلة السيارة احتاجت لقوة جاذبة مركزية أكبر حيث $(F \propto m)$



- يحدد مهندسو الطرق سرعة معينة للحركة عند المنحنيات لا ينبغى تجاوزها فكلما ازدادت سرعة السيارة احتاجت لقوة جاذبة مركزية أكبر للحركة على المسار المنحنى، حيث $(F \propto v^2)$



- ينبغى السير بسرعة صغيرة على المنحنيات الخطرة لتجنب خطورتها فكلما قل نصف قطر المنحنى احتاجت السيارة لقوة جاذبة مركزية أكبر لتدور فيه دون أن تنزلق حيث $(F \propto \frac{1}{r})$





(٢) عند تحريك دلــو مملوء إلى منتصفه بالماء حركة دائرية رأسية بسرعة كافية فإن المـاء لا ينسكب من الدلو، لأن القــوة الجاذبة المركزية المؤثرة عليه تكون عمودية على اتجاه الحركة فتعمل على تغيير اتجاه الســرعة دون تغيير مقدارها فتدور المياه فى المســار الدائرى وتبقى داخل الدلو.

(٣) يستفاد من ظاهرة حركة الأجسام بعيدًا عن المسار الدائرى عندما تكون القوة الجاذبة المركزية غير كافية للحركة فى المسار الدائرى فى :

- ماكينة صنع غزل البنات.
- لعبة البراميل الدوارة فى الملاهى.
- تجفيف الملابس فى الغسالات الأتوماتيكية حيث نجد أن جزيئات الماء ملتصقة بالملابس بقوة معينة وعند دوران المجفف بســرعة كبيرة تكون القوة غير كافية لإبقاء الجزيئات فى مدارها فتنطلق باتجاه مماس محيط دائرة الدوران وتنفصل عن الملابس.

ملاحظــة

* عند اســتعمال حجر المسن الكهربائى تنطلق شــظايا المعدن المتوهجة باتجاهات مستقيمة وبسرعات مماسية.



اختبر نفسك

اختر : إذا بدأت سيارة الحركة فى مسار منحنى زلق فإنها قد تنحرف عن هذا المسار ويرجع ذلك إلى نقص ....

(أ) الاحتكاك　　(ب) السرعة

(ج) الكتلة　　(د) نصف قطر المسار الدائرى

مجاب عنها | الأسئلة المشار إليها بالعلامة تقيس مستويات التفكير العميقة

أولًا أسئلة الاختيار من متعدد

(١) الشكل المقابل يوضح سيارة تتحرك بسرعة v في اتجاه الشرق، فإذا أثرت عليها قوة F في اتجاه الشرق، فإن مقدار سرعتها ....

(أ) يقل وتظل متحركة في اتجاه الشرق

(ب) يزداد وتغير اتجاه حركتها تدريجيًا نحو الشمال

(جـ) يزداد وتظل متحركة في اتجاه الشرق

(د) يقل وتغير اتجاه حركتها تدريجيًا نحو الغرب

(٢) عندما تؤثر قوة على جسم متحرك في عكس اتجاه الحركة فإن مقدار السرعة ....

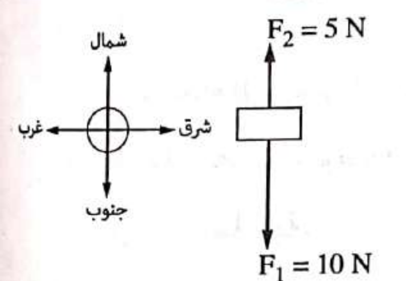
(أ) يقل ولا يتغير اتجاهها

(ب) يزداد ولا يتغير اتجاهها

(جـ) يظل ثابتًا ويتغير اتجاهها

(د) يظل ثابت ولا يتغير اتجاهها

(٣) يتحرك جسم في اتجاه الشرق على سطح مستوى عديم الاحتكاك بسرعة ثابتة، فإذا أثرت عليه قوتان F_1 ، F_2 كما بالشكل المقابل، فإن سرعته تتغير ....



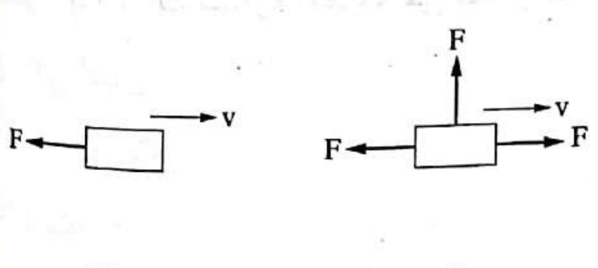
(أ) مقدارًا فقط

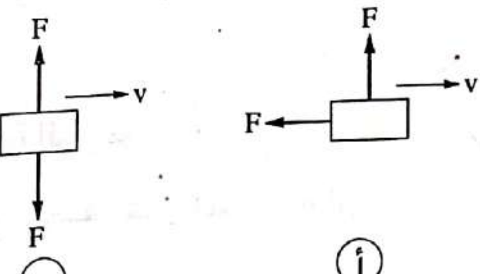
(ب) اتجاهًا فقط

(جـ) مقدارًا واتجاهًا

(د) لا توجد إجابة صحيحة

(٤) الأشكال التالية تعبر عن تأثير عدة قوى على جسم يتحرك بسرعة v، فأي منها يمكن أن يدور في مسار دائري منتظم ؟ ....







٥ تنتج قوة الجذب المركزية المؤثرة على سـيارة تسـير فى مسار دائرى يميل بزاوية على الأفقى عن ....

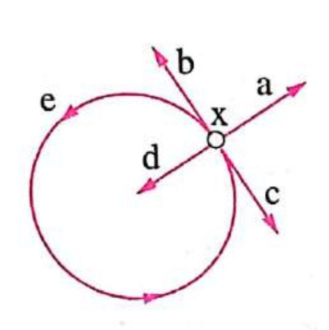
(أ) مجموع المركبتين الرأسيتين لقوة الاحتكاك وقوة رد الفعل

(ب) مجموع المركبتين الأفقيتين لقوة الاحتكاك وقوة رد الفعل

(جـ) مجموع المركبتين الرأسية لقوة الاحتكاك والأفقية لقوة رد الفعل

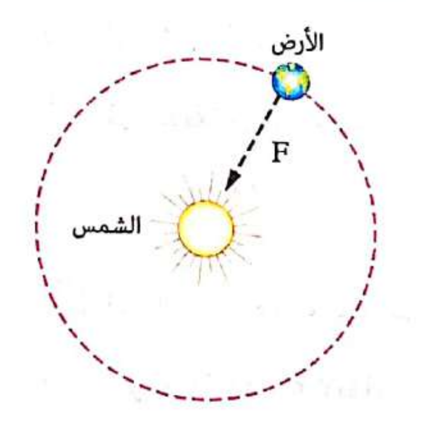
(د) مجموع المركبتين الأفقية لقوة الاحتكاك والرأسية لقوة رد الفعل

٦ أمسك طفل بخيط فى نهايته حجر وحركه فى مستوى أفقى كما هو موضح باتجاه السهم e على الرسم، فإذا ترك الطفل الخيط فجأة والحجر عند الموضع x فإن الحجر لحظة إفلاته يتحرك فى الاتجاه .... (بإهمال قوة جذب الأرض)



(أ) $\overrightarrow{xd}$ (ب) $\overrightarrow{xa}$ (جـ) $\overrightarrow{xb}$ (د) $\overrightarrow{xc}$

٧ الشكل المقابل يعبر عن حركة الأرض حول الشمس فى مسار دائرى، فيكون اتجاه العجلة المركزية ....



(أ) عكس اتجاه القوة F

(ب) فى نفس اتجاه القوة F

(جـ) عمودى على اتجاه القوة F

(د) فى نفس اتجاه السرعة المماسية للأرض

٨ إذا زادت السرعة المماسية إلى الضعف وزاد نصف قطر المسار الدائرى إلى الضعف فإن العجلة المركزية ....

(أ) تقل إلى النصف (ب) تزداد إلى الضعف

(جـ) تزداد إلى أربعة أمثال (د) تظل كما هى

٩ جسمان A ، B يتحركان على محيط دائرة واحدة بنفس السرعة حيث كتلة A ضعف كتلة B فتكون العجلة التى يتحرك بها A .... العجلة التى يتحرك بها B

(أ) تساوى (ب) ضعف (جـ) نصف (د) ربع

١٠ تتحرك سيارة بسرعة خطية ثابتة مقدارها $20\ m.s^{-1}$ حول منحنى نصف قطره 100 m فتكون العجلة المركزية ....

(أ) $0.25\ m.s^{-2}$ (ب) $5\ m.s^{-2}$ (جـ) $2\ m.s^{-2}$ (د) $4\ m.s^{-2}$

١١ عندما يتحرك جسم حركة دائرية منتظمة على محيط دائرة نصف قطرها r فإن ....

(أ) الحركة تنشأ عن قوة مركزية تعمل على تغيير اتجاه السرعة

(ب) الحركة تكون بسرعة ثابتة مقدارًا

(جـ) مقدار سرعته = $\sqrt{\text{العجلة المركزية} \times r}$

(د) جميع ما سبق

١٢ إذا كانت السرعة المماسية التى يتحرك بها جسم فى مسار دائرى هى 7 m/s وقد أتم 4 دورات فى دقيقتين فإن نصف قطر المسار يساوى ....

(أ) 66.8 m (ب) 25.2 m (جـ) 33.4 m (د) 30.6 m

١٣ إذا ازداد نصف قطر مدار جسيم يسير فى مسار دائرى إلى أربعة أمثاله، فإن القوة الجاذبة المركزية اللازمة لإبقاء سرعة الجسيم ثابتة ....

(أ) تقل إلى النصف (ب) تبقى ثابتة

(جـ) تزيد إلى الضعف (د) تقل إلى الربع

١٤ جسم كتلته 6 kg يتحرك حول مركز دائرة محيطها 6π m بسرعة منتظمة 10 m/s فتكون القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على الجسم هى ....

(أ) 50 N (ب) 180 N (جـ) 200 N (د) 400 N



١٥ شخص كتلته 50 kg يركب دراجة ويتحرك بها فى طريق منحنى نصف قطره 30 m بسرعة 2 m/s فـإذا كانت قوة الجذب المركزية المؤثرة على الدراجة والشـخص معًا 10 N فإن كتلة الدراجة تساوى ....

(أ) 100 kg (ب) 75 kg (جـ) 50 kg (د) 25 kg

١٦ النسـبة بـين القوة الجاذبـة المركزية المؤثرة على جسـم يتحـرك بسـرعة مقدارها 5 m/s فى دائـرة قطرها 4 m والقوة الجاذبة المركزيـة المؤثرة على جسـم آخر له نفس كتلة الجسـم الأول ويتحرك بسرعة مقدارها 10 m/s فى دائرة قطرها 8 m هى ....

(أ) $\frac{1}{2}$ (ب) $\frac{1}{3}$ (جـ) $\frac{1}{4}$ (د) $\frac{2}{3}$

١٧ حجـر كتلتـه 4 kg مربوط بطرف خيط طوله 10 m ومثبت من الطرف الآخر ويدور فى دائرة أفقية، فإذا كانت قوة الشد فى الخيط 160 N، تكون سرعة الحجر هى ....

(أ) 10 m/s (ب) 20 m/s (جـ) 100 m/s (د) 400 m/s

١٨ عندما يتحرك جسم فى مسار دائرى، فإن جميع الجمل الآتية تكون صحيحة ماعدا ....

(أ) تعمل القوة الجاذبة المركزية على تغيير اتجاه الحركة

(ب) تعمل القوة الجاذبة المركزية على زيادة سرعة الجسم

(جـ) عجلة الحركة = $\frac{v^2}{r}$ (د) السرعة $(v) = \sqrt{ar}$

١٩ فى أحد ألعاب الملاهى تدور كراسـى فى مسـار دائرى منتظم، فإذا كان أحد الكراسى على بُعد 1.5 m من المركز، وآخر على بُعد 2 m من المركز وكان كلاهما على استقامة واحدة من المركز، فأيهما يملك سرعة مماسية أكبر ؟ ....

(أ) الكرسى الذى يبعد 1.5 m من المركز

(ب) الكرسى الذى يبعد 2 m من المركز

(جـ) كلاهما له نفس السرعة

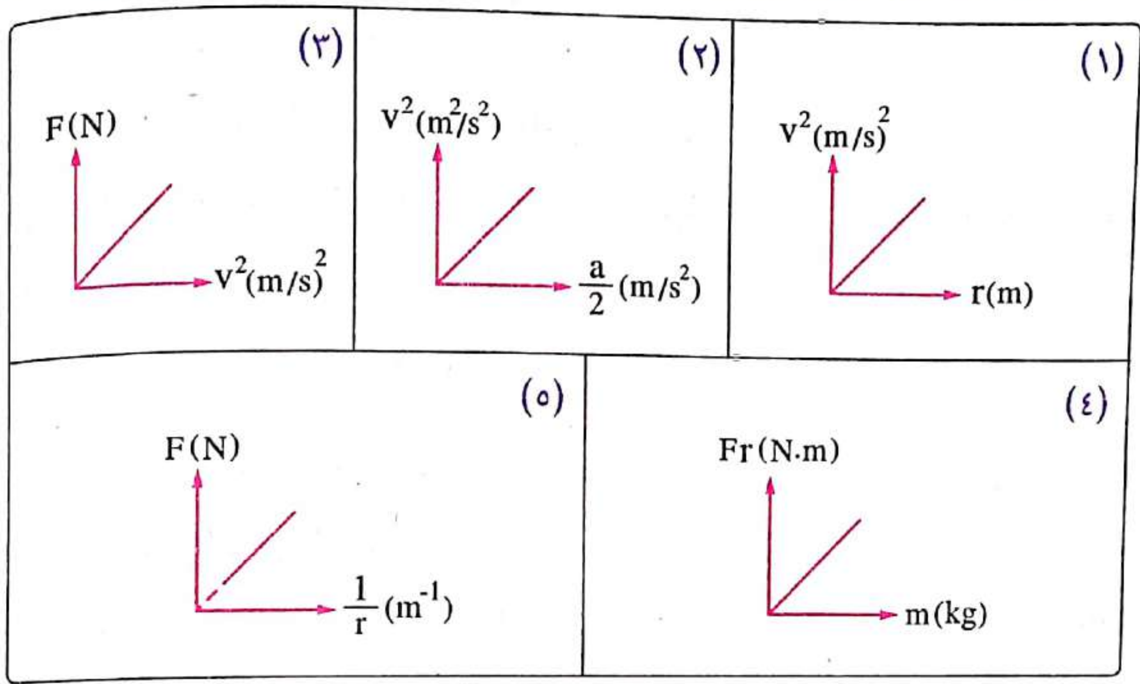
(د) يجب معرفة الزمن الدورى لتحديد الإجابة



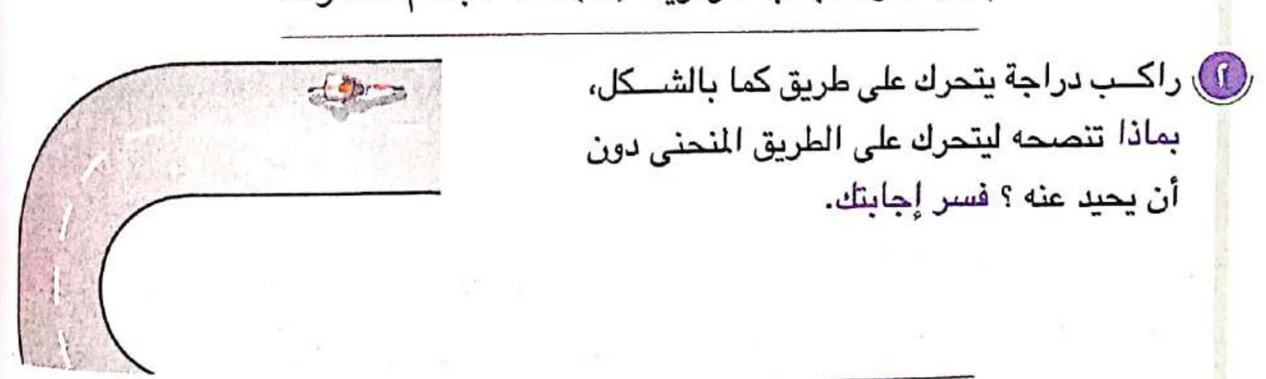


أسئلــة المقــال

(١) اكتب ما يساويه ميل الخط المستقيم وكذلك العلاقة الرياضية المعبرة عن الأشكال البيانية التالية :



«حيث (v) السرعة المماسية، (r) نصف قطر الدوران، (a) العجلة المركزية، (F) القوة الجاذبة المركزية، (m) كتلة الجسم المتحرك»



(٢) راكـب دراجة يتحرك على طريق كما بالشـكل، بماذا تنصحه ليتحرك على الطريق المنحنى دون أن يحيد عنه ؟ فسر إجابتك.

(٣) عند تدوير حجر مثبت فى نهاية خيط فى مسار دائرى أفقى، ما اتجاه القوة المؤثرة عليه ؟ وما تأثيرها ؟ وما اتجاه الحركة إذا انقطع الخيط ؟

(٤) ما اتجاه القوة التى يؤثر بها حزام الأمان على سائق السيارة عندما تنعطف السيارة ؟

(٥) أى نقطة على سـطح الأرض يكون لها أكبر سـرعة خطية بالنسبة لمحور الأرض ؟ هل النقطة عند خط الاستواء أو تلك التى تقع عند مدارى الجدى والسرطان ؟ ولماذا ؟





(٦) هل يظل الماء فى الدلو عندما تقوم بتدويره فى مســـار دائرى رأسى كما فى الشكل ؟ فسر إجابتك.

(٧) فسر العبارات التالية :

(١) رغم أن الجســـم الذى يتحرك حركـــة دائرية منتظمة يتأثر بعجلة إلا أن ســـرعته الخطية ثابتة القيمة.

(٢) استمرار دوران الأرض حول الشمس فى نفس مدارها.

(٣) * عندما تنعطف السيارة عند المنحنى تحافظ على سيرها فى المنحنى ولا تحيد عنه.

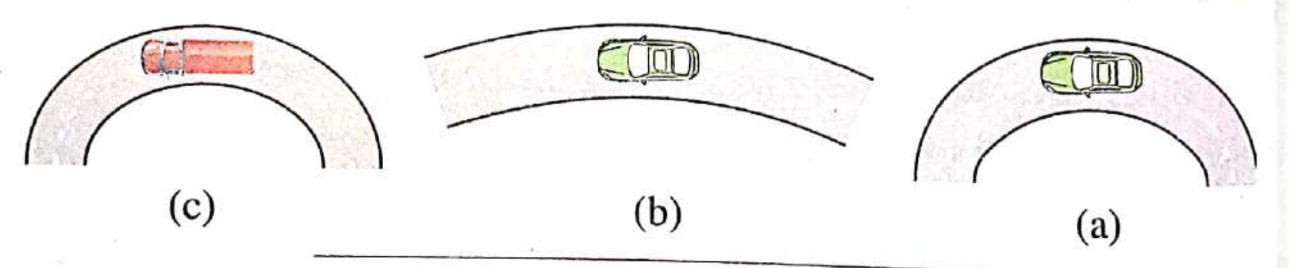
* عدم انزلاق السيارة التى تتحرك فى مسار منحنى.

(٤) عدم انزلاق السيارة التى تتحرك فى مسار منحنى مائلًا بزاوية على الأفقى.

(٥) من الضرورى حساب القوة الجاذبة المركزية عند تصميم منحنيات الطرق.

(٨) أكد مدرب تعليم قيادة الســـيارات على المتدربين أنه يجب تقليل ســـرعة الســـيارة قبل دخولها لمنحنى وذلك للحفاظ على ســـلامة السيارة وســـلامة قائدها، من خلال دراستك لمفهوم الحركة فى دائرة، ما سبب ذلك ؟

(٩) **الشكل التالى** يوضح ثلاث سيارات a ، b ، c تتحرك فى طريق منحنى بنفس مقدار السرعة، فإذا كانت كتلة كل من السيارتين a ، b هى m وكتلة السيارة c هى 3 m، رتب السيارات تنازليًا من حيث إمكانية تعرضهم لخطر الانزلاق، مع التفسير.



(١٠) بدأت ســـيارة الحركة فى مســـار منحنى زلق فلاحظ سائقها أن الســـيارة تنحرف عن المسار المنحنى، فسر ذلك.

(١١) ما النتائج المترتبة على صغر قطر المنحنيات فى الطرق السريعة ؟



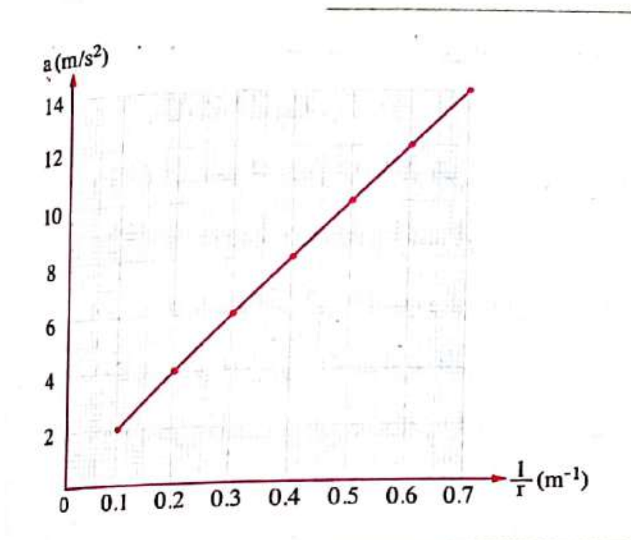
ثالثًا المسائل

① جسم كتلته 5 kg يتحرك على محيط دائرة نصف قطرها 2 m بسرعة خطية ثابتة مقدارها 5 m/s، أوجد كل من العجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية المؤثرة على الجسم.

[12.5 m/s^2 , 62.5 N]

---

② الشكل البيانى المقابل يوضح العلاقة بين العجلة المركزية (a) التى يتحرك بها جسم فى مسار دائرى ومقلوب نصف قطر هذا المسار ($\frac{1}{r}$)، احسب السرعة المماسية التى يتحرك بها الجسم.



[4.47 m/s]

---

③ الجدول التالى يوضح العلاقة بين العجلة المركزية التى يتحرك بها جسم فى مسار دائرى ومربع السرعة الخطية :

a (m/s^2)	1	2	3	5	6	8	10
v^2 (m/s)^2	100	200	300	500	600	800	1000

(١) ارسم العلاقة البيانية بين العجلة المركزية (a) على المحور الأفقى، مربع السرعة (v^2) على المحور الرأسى.

(٢) من الرسم أوجد نصف قطر المسار الدائرى الذى يتحرك فيه الجسم. [100 m]

---

④ راكب دراجة يتحرك فى مسار دائرى بسرعة مماسية مقدارها 13.2 m/s إذا كان نصف قطر المسار 40 m والقوة التى تحافظ على الدراجة فى مسارها الدائرى تساوى 377 N، فاحسب كتلة الدراجة والراكب معًا.

[86.55 kg]





٥ جســـم كتلته m يتحرك فى مســـار دائرى نصف قطره 2 m ، الجدول التالى يوضح العلاقة بين سرعة الجسم والقوة الجاذبة المركزية المؤثرة عليه :

F (N)	6	24	54	96	150
v (m/s)	2	4	6	8	10

(١) ارسم العلاقة البيانية بين (F) على المحور الرأسى، (v^2) على المحور الأفقى.

(٢) من الرسم أوجد :

(أ) سرعة الجسم عندما تؤثر عليه قوة جاذبة مركزية مقدارها 90 N

(ب) كتلة الجسم. [7.75 m/s , 3 kg]

٦ إذا كانت العجلة المركزية لجسم يدور فى مسار دائرى $10\ m/s^2$، احسب العجلة المركزية لنفس الجسم عند زيادة السرعة المماسية للضعف ونقص نصف قطر مساره الدائرى إلى النصف.

[$80\ m/s^2$]

٧ ســيارة ســباق كتلتها 905 kg تتحرك فى مســـار دائرى طوله 3.25 km، احسب السرعة المماســية للســيارة إذا كانت القوة اللازمة للحفاظ على الحركة الدائرية للســيارة تســاوى 2140 N (علمًا بأن : $\pi = 3.14$).

[34.98 m/s]

٨ حجر كتلته 600 g مربوط فى خيط طوله 10 cm ويدور بسرعة 3 m/s :

(١) احسب القوة الجاذبة المركزية.

(٢) ما الذى تتوقع حدوثه إذا كانت أقصى قوة شد يتحملها الخيط 30 N ؟

[54 N , ينقطع الخيط]



٩ رُبط جسم كتلته 2 kg فى طرف خيط ليدور فى مسار دائرى أفقى نصف قطره 1.5 m بحيث يصنع 3 دورات فى الثانية، احسب :

(١) السرعة الخطية (المماسية). (٢) العجلة المركزية.

(٣) قوة شد الخيط للجسم. ($\pi = 3.14$) [28.26 m/s , $532.42\ m/s^2$, 1064.84 N]

(١٠) جسم وزنه 100 N يتحرك بسرعة 10 m/s في مسار دائرى نصف قطره 10 m فإذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$، أوجد :

(١) العجلة المركزية. (٢) القوة الجاذبة المركزية.

(٣) زمن دورتين كاملتين. $(\pi = 3.14)$ [$10\ m/s^2$, 100 N , 12.56 s]

---

(١١) لعبة أطفال على شكل طائرة مروحية عمودية كتلتها 100 g تتحرك في مسار دائرى نصف قطره 1 m وتدور بمعدل 100 دورة خلال 20 s،



احسب :

(١) السرعة الخطية المماسية. (٢) العجلة المركزية.

(٣) القوة الجاذبة المركزية. $(\pi = 3.14)$ [31.4 m/s , $985.96\ m/s^2$, 98.596 N]

---

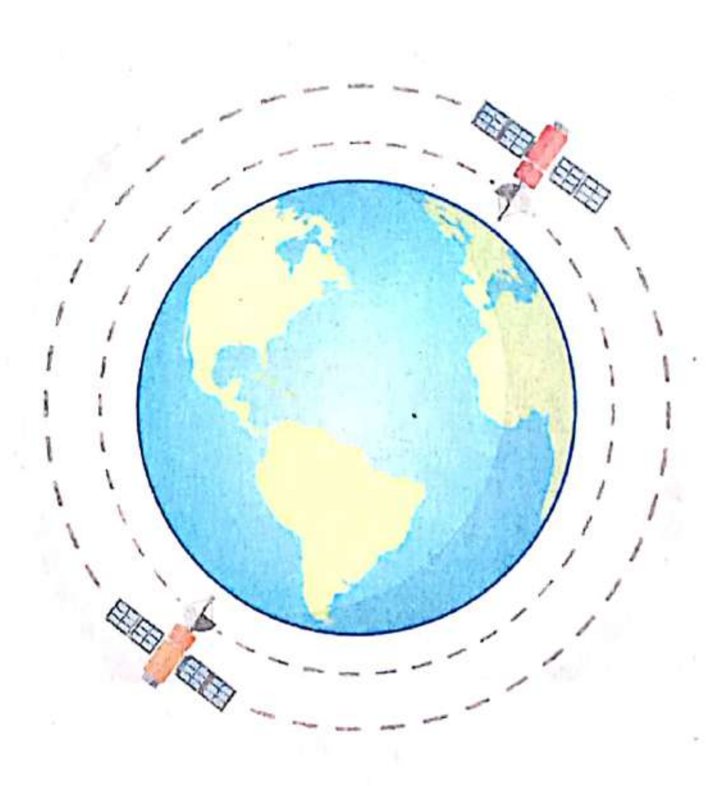
(١٢) إذا كانت القوة المركزية التى تحافظ على سيارة فى طريق دائرى نصف قطره 500 m تساوى 0.08 من وزن السيارة، احسب أقصى سرعة تستطيع السيارة التحرك بها على هذا الطريق (علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$). [20 m/s]



Mahmoud Abd El Gawaad

الفصل 2

الجاذبية الكونية والحركة الدائرية



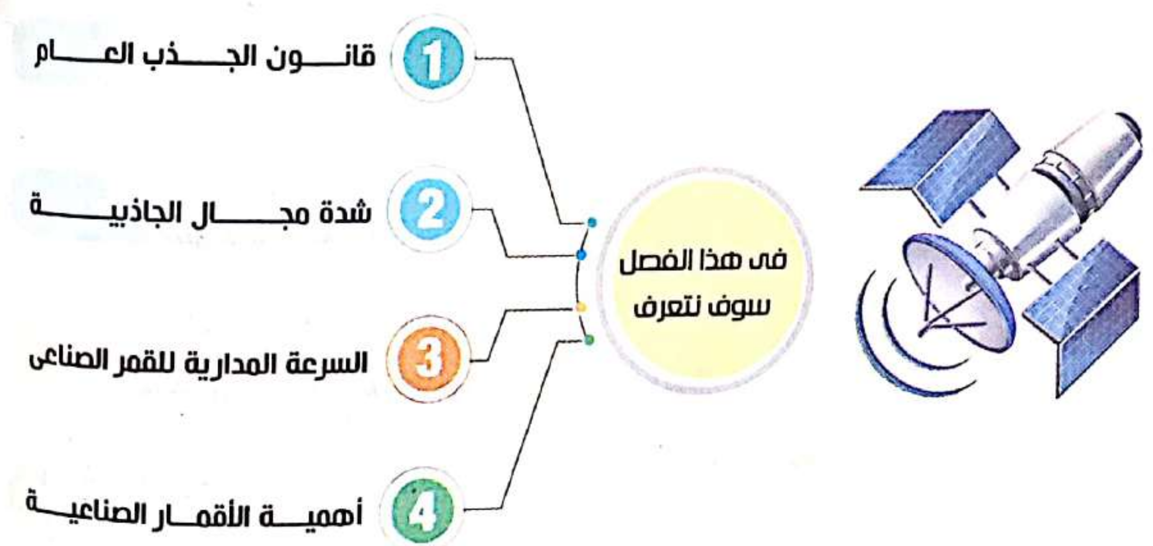
نواتج التعلم المتوقعة

★ بعد دراسة هذا الفصل يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يستنتج قانون الجذب العام.
- يفسر دوران القمر حول الأرض فى مسار ثابت تقريبًا.
- يستنتج عوامل تغير سرعة قمر صناعى أثناء حركته حول الأرض.

الفصل 2

الجاذبية الكونية والحركة الدائرية





الكون فى حالة حركة مستمرة فالقمر يدور حول الأرض وتدور الأرض حول الشمس والتى بدورها تدور حول مركز المجرة وتتحرك كل هذه الأجرام حركة دائرية أو شبه دائرية، وقد توصل نيوتن إلى بعض الافتراضات الأساسية ومنها أن القمر لا يتحرك فى خط مستقيم، بينما يدور حول الأرض فى مسار دائرى بسبب وجود قوة جاذبة مركزية بينهما، وقد درس نيوتن طبيعة هذه القوة الجاذبة وتوصل إلى أن قوة التجاذب بين جسمين **تتوقف على :**

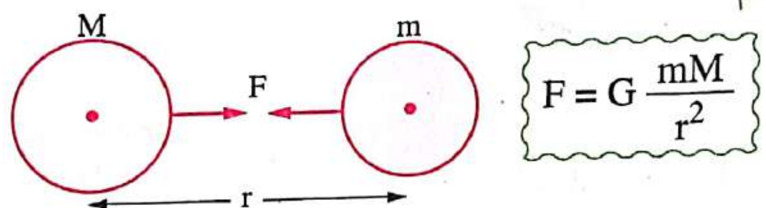
- كتلة الجسمين.
- المسافة الفاصلة بين مركزيهما.

وبناءً على ذلك وضع نيوتن قانون الجذب العام.

قانون الجذب العام لنيوتن

كل جسم مادى فى الكون يجذب أى جسم آخر بقوة تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيًا مع مربع البُعد بين مركزيهما.

- الصيغة الرياضية لقانون الجذب العام :



$$F = G\frac{mM}{r^2}$$

حيث : (F) قوة التجاذب بين جسمين ماديين، (M) كتلة الجسم الأول، (m) كتلة الجسم الثانى، (r) البُعد بين مركزى الجسمين، (G) ثابت الجذب العام.

ثابت الجذب العام

- المفهوم : ثابت كونى يساوى عدديًا قوة الجذب المتبادلة بين جسمين كتلة كل منهما 1 kg ومربع البُعد بين مركزيهما $1\ m^2$

- الصيغة العامة : $G = \frac{Fr^2}{mM}$

- وحدة القياس : $N.m^2/kg^2$ (أو) $m^3/kg.s^2$

- صيغة الأبعاد : $M^{-1}.L^3.T^{-2}$

- القيمة العددية: $6.67 \times 10^{-11}\ m^3/kg.s^2$

العوامل التى تتوقف عليها قوة التجاذب بين جسمين ماديين

١ كتلة الجسمين :

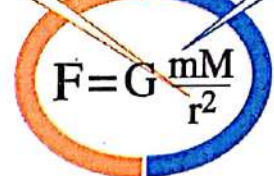
تتناسب قوة التجاذب بين جسمين ماديين تناسبًا **طرديًا** مع حاصل ضرب كتلتى الجسمين عند ثبوت البُعد بين مركزى الجسمين.

$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta(mM)} = \frac{G}{r^2}$$

٢ البُعد بين مركزى الجسمين :

تتناسب قوة التجاذب بين جسمين ماديين تناسبًا **عكسيًا** مع مربع البُعد بين مركزى الجسمين عند ثبوت حاصل ضرب كتلتى الجسمين.

$$slope = \frac{\Delta F}{\Delta(\frac{1}{r^2})} = GmM$$



ملاحظات

(١) يعرف قانون قوى التجاذب بين الأجسام المادية بقانون الجذب العام،

يرجع ذلك إلى عمومية هذا القانون فقوة الجذب بين أى جسمين قوة متبادلة حيث إن كل جسم يجذب الجسم الآخر نحوه بنفس القوة.

(٢) تظهر قوة التجاذب بوضوح بين الأجرام السماوية بينما لا تكون واضحة بين الأجسام العادية على سطح الأرض (مثل شخصين يقفان بجوار بعضهما أو عربتين متجاورتين)،

يرجع ذلك إلى صغر قيمة ثابت الجذب العام فلا تكون قوة الجاذبية بين الأجسام مؤثرة وكبيرة إلا عندما تكون الكتل كبيرة جدًا.

مثال ١

احسب قوة التجاذب المتبادلة بين الشمس والمشترى، بفرض أن كتلة الشمس 2×10^{30} kg وكتلة المشترى 1.89×10^{27} kg والبُعد بين مركزى الشمس والمشترى 7.73×10^{11} m (علمًا بأن : ثابت الجذب العام يساوى $6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$).



الحـــل

$M = 2 \times 10^{30}$ kg	$m = 1.89 \times 10^{27}$ kg	$r = 7.73 \times 10^{11}$ m
$G = 6.67 \times 10^{-11}$ N.m²/kg²	$F = ?$	

$$F = G\frac{mM}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{1.89 \times 10^{27} \times 2 \times 10^{30}}{(7.73 \times 10^{11})^2} = 4.22 \times 10^{23}\ \text{N}$$

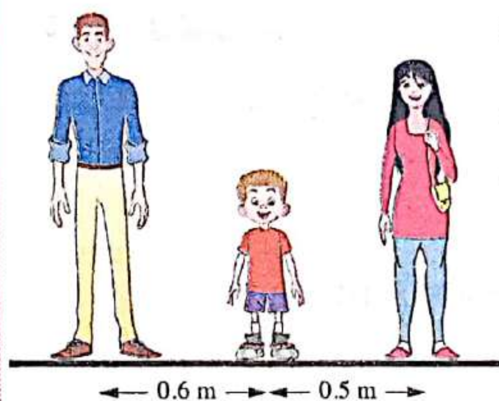


مثال ٢

يسير طفل برفقة والديه فى نزهة كما بالشكل، فإذا كانت كتلة الطفــل ووالدته ووالده هـــى 30 kg ، 65 kg ، 80 kg على الترتيب، **احسب** قوة التجاذب المادى المتبادلة بين كل مما يأتى مع توضيح تأثير هذه القوى على مسار حركة الطفل :

(أ) الطفل ووالدته. (ب) الطفل ووالده.

(علمًا بأن : $G = 6.67 \times 10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2$)



الحـــل

$m_1 = 30$ kg	$m_2 = 65$ kg	$m_3 = 80$ kg	$r_{12} = 0.5$ m	$r_{13} = 0.6$ m
$G = 6.67 \times 10^{-11}$ N.m²/kg²	$F_{12} = ?$	$F_{13} = ?$		

(أ)

$$F_{12} = \frac{G m_1 m_2}{r_{12}^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 30 \times 65}{(0.5)^2} = 5.2 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

(ب)

$$F_{13} = \frac{G m_1 m_3}{r_{13}^2}$$

$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 30 \times 80}{(0.6)^2} = 4.45 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

قوى التجاذب بين الطفل وكل من والده ووالدته صغيرة جدًا ولذلك لا نلاحظها أو نشعر بها وبالتالى لا تؤثر على مسار حركة الطفل.





احسب مقدار قوة التجاذب بين الأرض وقمر صناعى كتلته 2000 kg عندما يدور حول الأرض على ارتفاع يعادل نصف قطر الأرض (علمًا بأن : نصف قطر الأرض = 6380 km، كتلة الأرض = 5.98×10^{24} kg، ثابت الجذب العام = 6.67×10^{-11} $N.m^2/kg^2$).

الحل

$M = 5.98 \times 10^{24}$ kg	R = 6380 km	m = 2000 kg
	F = ?	$G = 6.67 \times 10^{-11}$ $N.m^2/kg^2$

وسيلة مساعدة

∵ القمر الصناعى يدور حول الأرض على ارتفاع يعادل نصف قطر الأرض.

$$\therefore r = 2R$$

$$F = \frac{GmM}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 2000 \times 5.98 \times 10^{24}}{(2 \times 6380 \times 10^3)^2} = 4.9 \times 10^3 \text{ N}$$

علماء أفادوا البشرية

* للعلماء العرب دور عظيم فى تطوير علم الفلك والاستفادة منه، ومن أمثال علماء الفلك :

– أبو الريحان محمد البيرونى : الذى نجح فى قياس محيط الكرة الأرضية.

– على بن عيسى الأسطرلابى. – على البحترى.


أبو الريحان البيرونى

اختبر نفسك

١ **أيهما** يؤثر على الآخر بقوة تجاذب مادى أكبر (الأرض أم القمر) ؟ **ولماذا ؟**

....

....

....



٢ **اختر :** قمران A ، B متساويان فى الكتلة يدوران حول كوكب، فإذا كان نصف قطر مداريهما r ، 2 r على الترتيب، فإن مقدار قوة جذب الكوكب للقمر B .... مقدار قوة جذبه للقمر A

(أ) أربعة أمثال (ب) يساوى (جـ) نصف (د) ربع

مجال الجاذبية Gravitational Field

* ينص قانون الجذب العام على أن قوة الجاذبية بين جسمين ماديين تتناسب عكسيًا مع مربع البُعد بين مركزى الجسمين، وبالتالى فإن قوة الجاذبية تتناقص كلما زاد البُعد بين الجسمين حتى يصل البُعد بين مركزيهما إلى مسافة تكاد تتلاشى عندها قوى التجاذب بينهما، وخلال هذه المسافة يوجد حيز تظهر فيه قوة الجاذبية ويطلق على هذا الحيز **مجال الجاذبية.**

استنتاج شدة مجال الجاذبية الأرضية

* بفرض وضع جسم كتلته 1 kg فى مجال الجاذبية الأرضية وعلى بُعد r من مركز الأرض، فإن قوة جذب الأرض للجسم :

$$F = mg = g \quad (1)$$

وبتطبيق قانون الجذب العام :

$$F = G\frac{mM}{r^2} = \frac{GM}{r^2} \quad (2)$$

من (1) ، (2) نجد أن :

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

حيث : (M) كتلة الأرض (5.98×10^{24} kg).

وإذا كان الجسم

على سطح الأرض **فإن** $g = \frac{GM}{R^2}$

على ارتفاع h فوق سطح الأرض **فإن** $g = \frac{GM}{(R+h)^2}$

حيث : (R) نصف قطر الكرة الأرضية (6378 km).

* مما سبق نلاحظ أن **شدة مجال الجاذبية الأرضية** عند نقطة ما تساوى عدديًا عجلة الجاذبية الأرضية عند تلك النقطة.

• شدة مجال الجاذبية الأرضية
قوة جذب الأرض لجسم كتلته **1 kg** عند نقطة ما.



ملاحظة

* الكرة الأرضية ليست كروية تمامًا وإنما مفلطحة عند القطبين، وهذا ناتج عن تأثير القوة المركزية بسبب دوران الأرض حول نفسها.

العوامل التى تتوقف عليها شدة مجال الجاذبية عند نقطة

١ كتلة الكوكب :

تتناسب شدة مجال الجاذبية تناسبًا **طرديًا** مع كتلة الكوكب عند ثبوت بُعد النقطة عن مركز الكوكب.

$$slope = \frac{\Delta g}{\Delta M} = \frac{G}{r^2}$$

٢ البُعد عن مركز الكوكب :

تتناسب شدة مجال الجاذبية تناسبًا **عكسيًا** مع مربع البُعد عن مركز الكوكب.

$$slope = \frac{\Delta g}{\Delta(\frac{1}{r^2})} = GM$$

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

مثال ١

قمر صناعى كتلته 10^4 kg يدور حول الأرض على ارتفاع 600 km من سطحها، **احسب :**

(أ) عجلة الجاذبية الأرضية التى يتأثر بها القمر فى مداره.

(ب) وزن القمر الصناعى فى مداره.

(علمًا بأن : $R = 6378$ km ، $M = 5.98 \times 10^{24}$ kg ، $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N.m^2/kg^2)

الحل

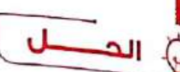
$M = 5.98 \times 10^{24}$ kg | $R = 6378$ km | $h = 600$ km | $m = 10^4$ kg

$w = ?$ | $g = ?$ | $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N.m^2/kg^2

(أ)
$$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{((6378 + 600) \times 10^3)^2} = \mathbf{8.19\ m/s^2}$$

(ب)
$$w = mg = \mathbf{8.19 \times 10^4\ N}$$





كوكب كتلته ضعف كتلة الأرض وقطره ضعف قطر الأرض،
احسب نسبة عجلة الجاذبية على سطح هذا الكوكب إلى عجلة الجاذبية على سطح الأرض.

الحل

$M_p = 2\,M_e$ | $R_p = 2\,R_e$ | $\frac{g_p}{g_e} = ?$

$$\therefore \frac{g_p}{g_e} = \frac{M_p\,R_e^2}{M_e\,R_p^2} = \frac{2\,M_e\,R_e^2}{M_e \times 4\,R_e^2} = \frac{1}{2}$$

اختبر نفسك

على أى ارتفاع فوق سطح الأرض تكون عجلة الجاذبية الأرضية مساوية لنصف قيمتها عند سطح الأرض ؟

....

....



تجربة عملية 4 حساب كتلة الأرض بمعلومية نصف قطرها



- حساب كتلة الأرض بمعلومية نصف قطرها.

فكرة التجربة

- حساب شدة مجال الجاذبية من العلاقة :

$$g = \frac{2\,d}{t^2}$$

حيث : (d) الارتفاع الذى يسقط منه الجسم خلال زمن t ليصل إلى سطح الأرض.

- حساب كتلة الأرض باستخدام العلاقة :

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

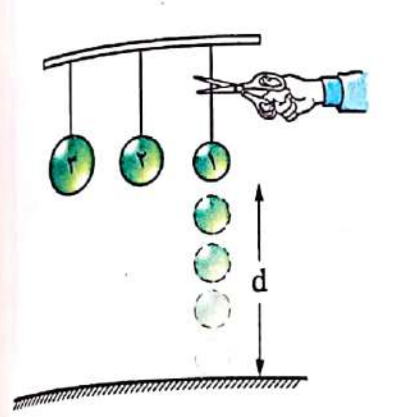
حيث : (G) ثابت الجذب العام، (M) كتلة الأرض،
(r) البُعد عن مركز الأرض والذى يمكن اعتباره فى هذه التجربة نصف قطر الأرض (R).



الأدوات

- عدد ٣ بندول مختلفين فى الكتلة. • ساعة إيقاف. • شريط مترى. • مقص.

الخطوات



(١) علــق كل بندول بحيث تكون المســافة بين كرة البندول والأرض (d) متساوية وقيمتها كبيرة.

(٢) قــص الخيــط عند نقطــة التعليق للبنــدول الأول وعيِّن باستخدام ساعة الإيقاف زمن وصوله لسطح الأرض.

(٣) كرر الخطوة السابقة للبندولين الآخرين.

(٤) سجل النتائج فى الجدول التالى :

الكرة	الارتفاع (d)	الزمن (t)	شدة مجال الجاذبية ($g = 2\,d/t^2$)
الكرة (١)	....	....	....
الكرة (٢)	....	....	....
الكرة (٣)	....	....	....

(٥) احسب متوسط شدة مجال الجاذبية (g).

(٦) احســب كتلة الأرض بمعلوميــة متوســط شــدة مجــال الجاذبيــة (g) ونصــف قطــر الأرض ($R = 6.38 \times 10^6$ m) وثابــت الجــذب العــام ($G = 6.67 \times 10^{-11}$ N.m^2/kg^2) باستخدام العلاقة :

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

الأقمار الصناعية Satellites

* ظل ارتياد الفضاء حلم يراود عقول البشــر لعدة قرون وقد اشــتمل تحقيق هذا الحلم على تطوير أجهــزة الرصد والصواريخ التى تقذف بمركبــة فضائية لتدور حول الأرض أو تصل لكوكب آخر كالمريــخ، حتى تحقق الحلم يوم 4 أكتوبر 1957م وتم إرســال القمر الصناعى (ســبوتنيك) إلى الفضاء كأول تابع فضائى لكوكب الأرض، وقد أعقب ذلك إرسال أقمار أخرى والنجاح فى النزول على سطح القمر، ولا يزال استكشاف الفضاء يتواصل بنجاح كبير.



فكرة إطلاق القمر الصناعى



* يمثل القمر الصناعى فى مداره جســـم يســـقط سقوطًا حرًا نحو الأرض (لأن حركته تتأثــر بالجاذبية فقط) وبالرغم من ذلك لا يقترب من الأرض على الإطلاق، وقد فســـر إســـحاق نيوتـــن ذلك حيث تصور أنه عنـــد إطلاق قذيفة مدفع من قمة جبل أفقيًا (مع إهمال مقاومة الهواء) :

- تقطع القذيفة مســـافة أفقية قبل أن تســـقط سقوطًا حرًا وتتخذ مســـارًا منحنيًا نحو الأرض، وبزيادة الســـرعة التى تُقذف بها القذيفة تزداد المســـافة الأفقية التى تقطعها قبل أن تصل إلى الأرض وتتبع مسارًا أقل انحناءً.

- إذا بلغت سرعة انطلاقها حدًا معينًا بحيث يتساوى **انحناء مسار القذيفة** مع **انحناء سطح الأرض** فإنها تدور فى مسار شبه دائرى ثابت حول الأرض وتصبح تابعًا للأرض مثل القمر الطبيعى لذلك يطلق عليها اسم **القمر الصناعى** وهذه السرعة يطلق عليها **السرعة المدارية للقمر الصناعى**.

• السرعة المدارية للقمر الصناعى

السرعة التى تجعل القمر الصناعى يدور فى مسار منحنى شبه دائرى بحيث يظل بُعده عن سطح الأرض ثابتًا.

استنتاج الســرعة المدارية للقمر الصناعى (v)

* بفرض قمر صناعى كتلته m يتحرك حول كوكب كتلته M بسرعة ثابتة v فى مدار دائرى نصف قطره r كما بالشكل فإن :

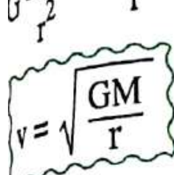
- قـــوة التجـاذب بـين الكوكـــب والقمـــر الصناعـــى تعطى بالعلاقة :

$$F = G\frac{mM}{r^2}$$

- قوة التجاذب بين الكوكب والقمر الصناعى تكون عمودية على مسار حركة القمر الصناعى فتعمل على تحريكه فى مسار دائرى :

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

أى أن : قوة التجاذب بين الكوكب والقمر الصناعى هى نفسها القوة الجاذبة المركزية.

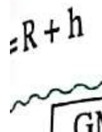


$$v^2 = \frac{GM}{r}$$

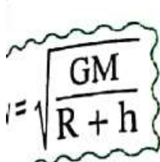
$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

، وإذا كان الارتفاع الذى أطلق إليه القمر الصناعى للفضاء h

ونصف قطر الكوكب R فإن :



$r = R + h$



$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

العوامل التى تتوقف عليها السرعة المدارية للقمر الصناعى

١ نصف قطر المدار :

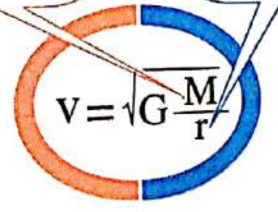
تتناسب السرعة المدارية للقمر الصناعى **عكسيًا** مع الجذر التربيعى لنصف قطر المدار.

$$slope = \frac{\Delta v}{\Delta(\frac{1}{\sqrt{r}})} = \sqrt{GM}$$

٢ كتلة الكوكب :

تتناسب السرعة المدارية للقمر الصناعى **طرديًا** مع الجذر التربيعى لكتلة الكوكب الذى يدور حوله عند ثبوت نصف قطر المدار.

$$slope = \frac{\Delta v}{\Delta\sqrt{M}} = \sqrt{\frac{G}{r}}$$



$$v = \sqrt{G\frac{M}{r}}$$

ملاحظات

(١) إذا توقف قمر صناعى يدور حول الأرض وأصبحت سرعته تساوى صفر،
فإنه يتحرك فى خط مستقيم تحت تأثير الجاذبية الأرضية نحو الأرض ويسقط على سطحها.

(٢) إذا تخيلنا انعدام قوة الجاذبية بين الأرض والقمر الصناعى،
فإن القمر الصناعى يتحرك فى خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائرى مبتعدًا عن الأرض.



(٣) يمكن حساب زمن دورة كاملة لقمر صناعى يدور حول كوكب (الزمن الدورى T) من العلاقة :

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

(٤) يمكن استنتاج العلاقة بين نصف قطر مدار قمر صناعى (r) يدور حول كوكب ما والزمن الدورى لحركته (T) كالتالى :

$$\because v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$\therefore \frac{GM}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

$$\therefore T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}$$

$$\therefore T^2 \propto r^3$$

(٥) القمر الصناعى المتزامن مع دوران الأرض يكون زمنه الدورى مساوى للزمن الدورى لدوران الأرض حول نفسها أى يوم أرضى واحد وبالتالى يظل القمر الصناعى فوق نقطة ثابتة من سطح الأرض.

(٦) السرعة المدارية للقمر الصناعى حول الأرض تتناسب عكسيًا مع الجذر التربيعى لنصف قطر المدار الدائرى تبعًا للعلاقة $\left(v = \sqrt{\frac{GM}{r}}\right)$ ولا يمكن القول أنها تتناسب طرديًا مع نصف قطر المدار الدائرى تبعًا للعلاقة $\left(v = \frac{2\pi r}{T}\right)$ وذلك لأن الزمن الدورى أيضًا يعتمد على نصف القطر تبعًا للعلاقة $\left(T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}\right)$.

مثال ١

يدور القمر حول الأرض فى مسار دائرى نصف قطره 3.85×10^5 km ،

احسب السرعة المدارية للقمر.

(علمًا بأن : ثابت الجذب العام = $6.67 \times 10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$ ، كتلة الأرض = 5.98×10^{24} kg)

الحل

$v = ?$	$M = 5.98 \times 10^{24}$ kg	$G = 6.67 \times 10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$	$r = 3.85 \times 10^5$ km

$$v = \sqrt{G\frac{M}{r}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{3.85 \times 10^5 \times 10^3}} = \mathbf{1017.85\ m/s}$$





مثال (٢)

قمر صناعى يدور حول الأرض فى مدار شبه دائرى على ارتفاع 940 km من سطح الأرض، احسب السرعة المدارية والزمن اللازم لكى يصنع دورة كاملة حول الأرض.

(علمًا بأن : $\pi = 3.14$ ، $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$ ، $M = 6 \times 10^{24}\ kg$ ، $R = 6360\ km$)

الحل

$h = 940\ km$	$R = 6360\ km$	$M = 6 \times 10^{24}\ kg$
$G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$	$v = ?$	$T = ?$

$$r = R + h = 6360 + 940 = 7300\ km = 7.3 \times 10^6\ m$$

$$v = \sqrt{G\frac{M}{r}} = \sqrt{6.67 \times 10^{-11} \times \frac{6 \times 10^{24}}{7.3 \times 10^6}} = \mathbf{7.4 \times 10^3\ m/s}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 7.3 \times 10^6}{7.4 \times 10^3} = \mathbf{6195.14\ s = 1.72\ h}$$

مثال (٣)

قمر صناعى يتم دورته حول الأرض فى 94.4 min وطول مساره 43153 km، احسب :

(أ) السرعة المدارية. (ب) ارتفاع القمر الصناعى عن سطح الأرض.

(علمًا بأن : $\pi = 3.14$ ، $R = 6360\ km$)

الحل

$T = 94.4\ min$	$2\pi r = 43153\ km$	$R = 6360\ km$	$v = ?$	$h = ?$

(أ)
$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{43153 \times 10^3}{94.4 \times 60} = \mathbf{7618.82\ m/s}$$

(ب)
$$r = \frac{43153}{2 \times 3.14} = 6871.497\ km$$

$$h = r - R = 6871.497 - 6360 = \mathbf{511.497\ km}$$





احسب نصف قطر مدار قمر صناعى متزامن مع الأرض.

(علمًا بأن : $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$ ، $M = 5.98 \times 10^{24}\ kg$)

الحــل

$r = ?$	$G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$	$M = 5.98 \times 10^{24}\ kg$	$T = 24\ h$

$$\because v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \frac{2\pi r}{T} \qquad \therefore \frac{GM}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

$$\therefore r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$$

$$\therefore r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}\ (24 \times 60 \times 60)^2}{4 \times \left(\frac{22}{7}\right)^2}}$$

$$= \mathbf{4.22 \times 10^7\ m}$$

معلومــة إثرائية

- كلما زادت كتلة القمر الصناعى المراد إرساله للفضاء، احتجنا صاروخًا يمكنه التأثير بقوة أكبر على القمر الصناعى حتى يكتسب السرعة اللازمة لدورانه حول الأرض.

اختبر نفسك

اختر : قمر صناعى يدور حول الأرض فى مدار ثابت، فإذا انفصل عنه جزء يمثل ربع كتلته فإن سرعته المدارية ....

(أ) تقل للربع
(ب) تزداد لأربعة أمثالها
(ج) تزداد بمقدار الربع
(د) تظل كما هى



Importance of Satellites أهمية الأقمار الصناعية



* يعتبر القمر الصناعى بمثابة برج شاهق الارتفاع يمكن استخدامه فى إرسال واستقبال الموجات اللاسلكية.

* يمكن تقسيم الأقمار الصناعية من حيث استخداماتها إلى أنواع عديدة، منها :

الأقمار	الاستخدام
(١) أقمار الاتصالات	- النقل التليفزيونى والإذاعى والهاتفى من وإلى أى مكان على سطح الأرض. - الإنترنت. - تحديد الموقع باستخدام نظام GPS - رؤية الأماكن من الفضاء باستخدام برنامج Google Earth
(٢) الأقمار الفلكية (تليسكوبات كبيرة الحجم تسبح فى الفضاء)	- تصوير الفضاء بدقة.
(٣) أقمار الاستشعار عن بُعد	- دراسة ومراقبة الطيور المهاجرة. - تحديد المصادر المعدنية وتوزيعها. - مراقبة المحاصيل الزراعية لحمايتها من مخاطر الطقس. - دراسة تشكل الأعاصير.
(٤) أقمار الاستطلاع والتجسس	- توفير المعلومات التى تحتاجها القيادات السياسية والعسكرية لاتخاذ القرار وإدارة الحرب.
(٥) أقمار الأرصاد	- التقاط صور للغلاف الجوى من ارتفاع 35000 km فوق سطح الأرض لتحديد أنماط الطقس. - تتبع الأعاصير واتجاهها. - رصد الظروف الجوية، مثل جودة الهواء والغطاء الجليدى والغطاء السحابى.







* يحتوى الفضاء على ملايين الصخور بعضها يشكل خطورة على كوكب الأرض، وقد يسبب تدمير مدن وقتل الآلاف من السكان، لذلك اهتم بعض العلماء بمراقبة الصخور ذات الخطورة للتنبؤ باصطداماتها المحتملة حيث قام بعض العلماء فى أحد مراكز الأبحاث التابعة لناسا بإنشاء رقاقة الأقمار.

• رقاقة الأقمار

نموذج لأقمار صناعية صغيرة أصغر من بطاقات الائتمان تستخدم لتتبع الكويكبات ومراقبتها.

* مكوناتها : تتكون رقاقة الأقمار من ركيزة من النحاس يتم حفر الدائرة عليها ثم يضاف إليها :

- رقاقة اتصال مشابهة للموجودة فى الهواتف.
- خلايا شمسية لتوفير الطاقة فى الفضاء.
- هوائى لإرسال الإشارات إلى الأرض ليتم استقبالها بواسطة الهاتف الذكى.

* إطلاقها : يتم ذلك من خلال المكعب الفضائى وهو عبارة عن جهاز مزود بزنبركات يقوم بإطلاق رقاقات الأقمار عن طريق نشرها فى مجموعات.

* عند الكشف عن اقتراب كويكب بشكل خطير يتم إطلاق المكعب الفضائى لاعتراض هذا الكويكب حيث يقوم المكعب الفضائى بإطلاق سحابة من رقاقات الأقمار فى مجموعات من 130 رقاقة تنتشر حول الكويكب كقصاصات الورق وتتحرك معه فى دورانه حول الشمس.

* عند ابتعاد الكويكب أو انحرافه بعيدًا بسبب جاذبية القمر أو الأرض تتعطل بعض هذه الرقاقات أو تنحرف بعيدًا عن الكويكب وتظل باقى الرقاقات تعمل فتكون الخسائر الحادثة خسائر مقبولة.

ملاحظة

* تكلفة كل رقاقة 20 دولار وبالتالى فهى غير مكلفة ويمكن إطلاق العديد منها دفعة واحدة لتقوم بمراقبة الكويكبات.



أسئلة

الفصل 2

الأسئلة المشار إليها بالعلامة تقيس مستويات التفكير العميقة — مجاب عنها

أولاً أسئلـــة الاختيـــــار مـــن متعـــدد

(١) إذا تضاعف البُعد بين مركزى جسمين، فإن قوة التجاذب بينهما ....

(أ) تتضاعف

(ب) تصبح نصف قيمتها الأصلية

(جـ) تصبح ربع قيمتها الأصلية

(د) تصبح أربعة أضعاف قيمتها

(٢) جسمان كتلة الأول m_1 وكتلة الثانى m_2 والبُعد بين مركزيهما r فإذا زادت كتلة الأول للضعف وزاد البُعد بين مركزيهما للضعف فإن قوة الجذب المتبادلة بينهما ....

(أ) لا تتغير

(ب) تزداد للضعف

(جـ) تقل للنصف

(د) تصبح أربعة أمثالها

(٣) كرتــــان متماثلتان كتلة كل منهما m ونصف قطـــر كل منهما r وضعتا متلاصقتين فإن مقدار قوة التجاذب المادى بينهما يعطى من العلاقة ....

(أ) $F = \frac{Gm^2}{r^2}$ (ب) $F = \frac{Gm^2}{4r^2}$ (جـ) $F = \frac{2\,Gm}{r^2}$ (د) $F = \frac{Gm^2}{2r^2}$

(٤) كرتان كتلتيهما 8 kg ، 20 kg والبُعد بين مركزيهما 0.2 m ، إذا كان ثابت الجذب العام هو G فإن قوة التجاذب المتبادلة بينهما بالنيوتن تساوى ....

(أ) 8 G (ب) 40 G (جـ) 4000 G (د) 8000 G

(٥) إذا كان البُعــــد بين مركزى كرتين متماثلتين 1 m ، وكانت قوة التجاذب بينهما تســـاوى 1N، فإن كتلة كل منهما تساوى ....

(علمًا بأن : $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$)

(أ) 1 kg (ب) 1.22×10^5 kg (جـ) 2×10^5 kg (د) 9.8 kg

(٦) النسبة بين ثابت الجذب العام على سطح الأرض وثابت الجذب العام على سطح القمر ....

(أ) أقل من الواحد الصحيح

(ب) أكبر من الواحد الصحيح

(جـ) تساوى الواحد الصحيح

(د) لا يمكن تحديد الإجابة

٧ وحدة قياس ثابت الجذب العام ....

(أ) $N.m.kg$ (ب) $N.m^2/kg^2$ (جـ) $N.m^2$ (د) $m^3.kg.s^{-2}$

٨ عجلة الجاذبية الأرضية ....

(أ) ثابت كونى عام
(ب) متغيرة حسب الارتفاع عن سطح الأرض
(جـ) تختلف باختلاف فصول السنة
(د) متغيرة حسب بُعد الأرض عن الشمس

٩ كوكب كتلته 5.98×10^{24} kg ونصف قطره 6378 km، فإن شدة مجال الجاذبية لهذا الكوكب عند نقطة تبعد 36000 km عن سطحه تساوى ....

(علمًا بأن : $G = 6.67 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2$)

(أ) 22.2×10^{-4} N/kg
(ب) 22.2×10^{-2} N/kg
(جـ) 22.2×10^{2} N/kg
(د) 22.2×10^{4} N/kg

١٠ السرعة المدارية اللازمة ليدور القمر الصناعى حول الأرض تعتمد على ....

(أ) كتلة القمر الصناعى فقط
(ب) كتلة الأرض فقط
(جـ) كتلة الأرض والبُعد بين مركزيهما
(د) البُعد بين مركزيهما فقط

١١ كوكب كتلته 9.96×10^{22} kg يدور حوله قمر صناعى على ارتفاع 12000 km من سطحه إذا كان نصف قطر الكوكب 1063 km فإن السرعة المدارية للقمر هى ....

(علمًا بأن : $G = 6.67 \times 10^{-11} N.m^2/kg^2$)

(أ) 249.9 m/s (ب) 311 m/s (جـ) 713.13 m/s (د) 744 m/s

١٢ قمران صناعيان A ، B يدوران حول الأرض، فإذا كان نصف قطر مدار A يساوى أربعة أمثال نصف قطر مدار B فإن النسبة بين سرعة A وسرعة B هى ....

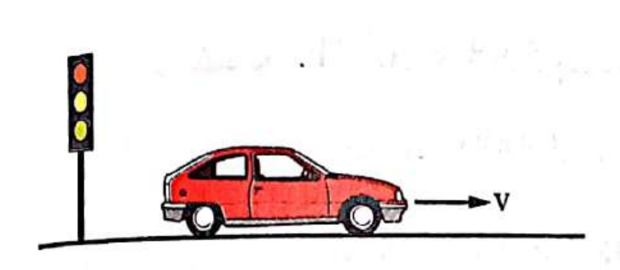
(أ) $\frac{2}{1}$ (ب) $\frac{4}{1}$ (جـ) $\frac{1}{2}$ (د) $\frac{1}{4}$

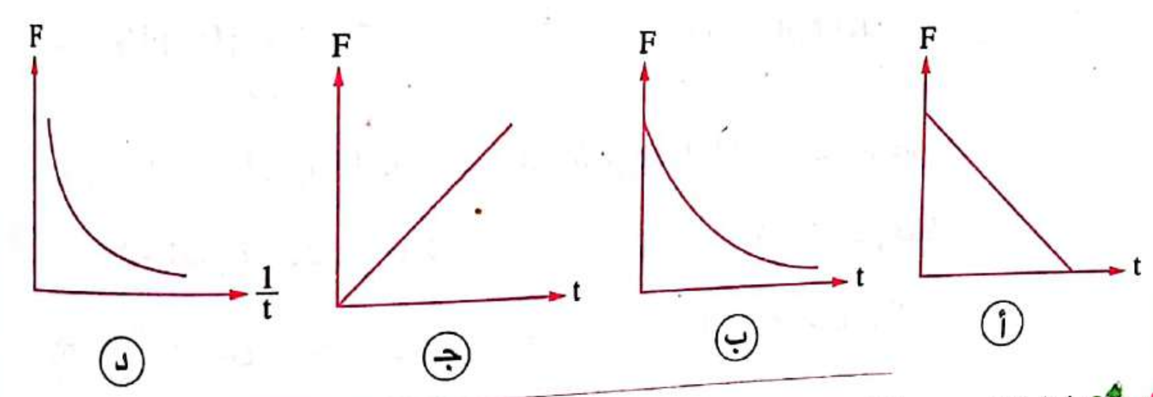


١٣ قمــران صناعيان أحدهما يدور حول الأرض والآخر يدور حول المريخ، فإذا كان نصف القطر المدارى لكل منهما واحد وكتلة الأرض تسع أمثال كتلة المريخ فإن النسبة بين السرعة الخطية (الماســية) للقمر الذى يدور حول الأرض والسرعة الخطية (المماسية) للقمر الذى يدور حول المريخ هى ....

(أ) $\frac{1}{9}$ (ب) $\frac{9}{1}$ (جـ) $\frac{1}{3}$ (د) $\frac{3}{1}$

١٤ فى الشــكل الموضح إذا كانت السيارة تتحرك بســرعة منتظمة مبتعدة عن إشــارة مرور، فإن أفضل تمثيل بيانى يعبر عن تغير قوة التجاذب المادى بين الســيارة وإشــارة المرور (F) مع الزمن (t) هو ....





١٥ إذا كانــت عجلة الجاذبيــة الأرضية عند مدار قمر صناعى يدور حول الأرض $2.5\ m/s^2$ فإن المسافة بين القمر الصناعى وسطح الأرض (h) تساوى ....

(حيث : R نصف قطر الأرض، عجلة الجاذبية عند سطح الأرض = $10\ m/s^2$)

(أ) 2 R (ب) R (جـ) $\frac{R}{2.5}$ (د) $\frac{R}{4}$

١٦ يدور قمر صناعى حول الأرض بســرعة مدارية $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{GM}{R}}$ حيث R نصف قطر الأرض فيكون بُعد القمر الصناعى عن سطح الأرض (h) هو ....

(أ) $\frac{1}{2}$ R (ب) 2 R (جـ) 3 R (د) 4 R

(١٧) قمـران صناعيـان يـدوران حـول كوكـب نصـف قطـر مداريهمـا 2×10^6 m ، 1×10^6 m على الترتيب، إذا كان الزمن الدورى للقمر الثانى 8×10^7 s فإن الزمن الدورى للقمر الأول يساوى ....

(أ) 5×10^5 s (ب) 4×10^6 s (جـ) 2.3×10^8 s (د) 4.5×10^8 s

ثانيًا أسئلـة المقـال

(١) ماذا يحدث عند تساوى انحناء مسار قذيفة مع انحناء سطح الأرض ؟

(٢) قمر صناعى يتحرك فى مسار دائرى منتظم حول الأرض على بُعد r من مركز الأرض :

(١) فسر لماذا لا يسقط القمر الصناعى نحو الأرض رغم تأثره بالجاذبية الأرضية.

(٢) إذا تخيلنـا حـدوث انعـدام مفاجـئ لقـوة الجاذبية بين القمـر الصناعـى والأرض، ماذا يحدث لمسار القمر الصناعى ؟

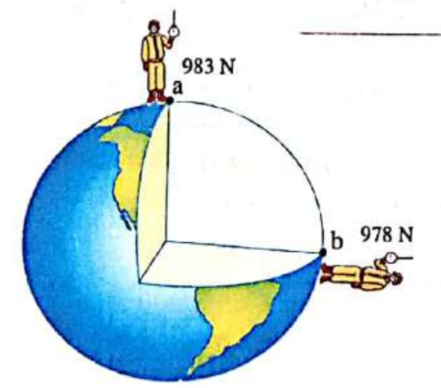
(٣) إذا تخيلنـا حـدوث انعـدام مفاجـئ لسـرعة دوران القمـر الصناعى حـول الأرض، ماذا يحدث لمسار القمر الصناعى ؟

(٣) فسر العبارات التالية :

(١) تتوقف السرعة المدارية لقمر صناعى يدور حول الأرض على نصف قطر مداره فقط.

(٢) السرعة المدارية لقمر صناعى كتلته 5×10^3 kg تساوى السرعة المدارية لقمر آخر كتلته 15×10^3 kg يدور حول نفس الكوكب وعلى نفس الارتفاع.

(٤) فى الشـكل المقابل، فسر لـماذا اختلـف وزن الرجل عند النقطتين b ، a



(٥) تخيـل أن الأرض بدأت فـى الانكماش بانتظام بينما ظلت كتلتها ثابتة، فماذا يمكن أن يحدث لقيمة عجلة الجاذبية على سطحها ؟



(٦) تـدور محطـة الفضاء الدولية حول الأرض فى مدار نصف قطره r بحيث تتم دورة كاملة حول الأرض خـلال زمـن T، فإذا انفصل عنها جزء كتلته 0.1 من كتلة المحطة، فما تأثير ذلك على الزمن الدورى للمحطة ؟

ثالثًا المسائل



(١) جسـمان كتلتيهمـا 2 kg، 8 kg والبُعـد بينهمـا 20 cm فـإذا كان ثابـت الجـذب العام 6.67×10^{-11} N.m²/kg²، احسب قوة التجاذب المادى المتبادلة بينهما. [2.67×10^{-8} N]

(٢) كرتان لهما نفس الكتلة والبُعد بين مركزيهما 2 m وقوة التجاذب بينهما 6.67×10^{-9} N، احسب كتلة كل من الكرتين (علمًا بأن : $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N.m²/kg²). [20 kg]



(٣) إذا علمـت أن نـصف قطـر كوكـب مـا 7.14×10^{7} m وكـتلتـه 1.9×10^{27} kg وثابت الجذب العام 6.67×10^{-11} N.m²/kg²،

أوجد :

(١) قوة الجذب التى يتأثر بها جسم كتلته 1 kg موضوع على سطح الكوكب.

(٢) قيمة عجلة الجاذبية على سطح الكوكب. [24.86 N , 24.86 m/s²]

(٤) كوكب كتلته 5.9×10^{24} kg إذا كانت العلاقة بين كتلة جسم (m) على سطح هذا الكوكب وقوة التجاذب المتبادلة بينهما (F) كما فى الجدول التالى :

F (N)	40	80	120	160	A	240	280
m (kg)	5	10	15	20	25	30	B

(١) ارسم العلاقة البيانية بين (F) على المحور الرأسى، (m) على المحور الأفقى.

(٢) من الرسم أوجد :

(أ) قيمة A ، B

(ب) نصف قطر هذا الكوكب.

(إذا علمت أن : $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N.m²/kg²) [200 N , 35 kg , 7013.65 km]

؟

٥ إذا كانـــت كتلة كوكب عطـــارد 3.3×10^{23} kg ونصف قطره 2.439×10^{6} m، فكم يكون وزن جســـم كتلته 65 kg على ســـطحه؟ وكم يكون وزن نفس الجسم على سطح الكرة الأرضية ؟ (علمًا بـــأن : ثابت الجذب العـــام 6.67×10^{-11} $N.m^2/kg^2$، عجلة الجاذبية الأرضية عند سطح الأرض $9.8\ m/s^2$)

[240.5 N , 637 N]

---

٦ كوكـــب كتلتـــه 5 مرات كتلة الأرض وقطره 5 مرات قطر الأرض، احســـب النســـبة بين عجلة الجاذبية على سطح الأرض وعجلة الجاذبية على سطح هذا الكوكب.

[$\frac{5}{1}$]

---

٧ جسم يزن 45 N على سطح الأرض، احسب وزنه على ارتفاع يساوى ربع قطر الأرض.

(علمًا بأن : كتلة الأرض 5.98×10^{24} kg، نصف قطر الأرض 6378 km، عجلة الجاذبية الأرضية عند سطح الأرض $9.8\ m/s^2$، ثابت الجذب العام 6.67×10^{-11} $N.m^2/kg^2$)

[20.01 N]



٨ قمر صناعى يدور فى مسار دائرى على ارتفاع 300 km من سطح الأرض،

أوجد :

(١) سرعته فى مداره.

(٢) زمن دورة القمر الصناعى حول الأرض.

(٣) قيمة العجلة المركزية أثناء حركته.

(علمًا بأن : نصف قطر الأرض 6378 km، عجلة الجاذبية الأرضية عند سطح الأرض $9.8\ m/s^2$)

[7.73×10^3 m/s , 5.43×10^3 s , $8.95\ m/s^2$]

---

٩ كوكب كتلته أربعة أمثال كتلة الأرض وقطره ضعف قطر الأرض، احسب وزن جسم على سطحه إذا كان وزن الجسم على سطح الأرض 150 N

[150 N]

---

١٠ على أى ارتفاع من سطح الأرض يجب أن يدور قمر صناعى، بحيث يكون زمن دورانه حول الأرض مساويًا لزمن دوران الأرض حول محورها ؟

(علمًا بأن : اليوم الأرضى = 24 h ، $\pi = 3.14$ ، $G = 6.67 \times 10^{-11}$ $N.m^2/kg^2$ ، $R = 6378$ km ، $M = 5.98 \times 10^{24}$ kg)

[35886.76 km]



الباب الرابع

الشغل والطاقة فى حياتنا اليومية



الشغل والطاقة.

الدرس الأول الشغل.

الدرس الثانى الطاقة.



قانون بقاء الطاقة.

مقدمة

★ توجد الطاقة فى الطبيعة فى عدة صور مختلفة مثل الطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية والطاقة الميكانيكية وغيرها ... وهذه الطاقة يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى، فما المقصود بالطاقة ؟ وما علاقتها بالشغل المبذول ؟

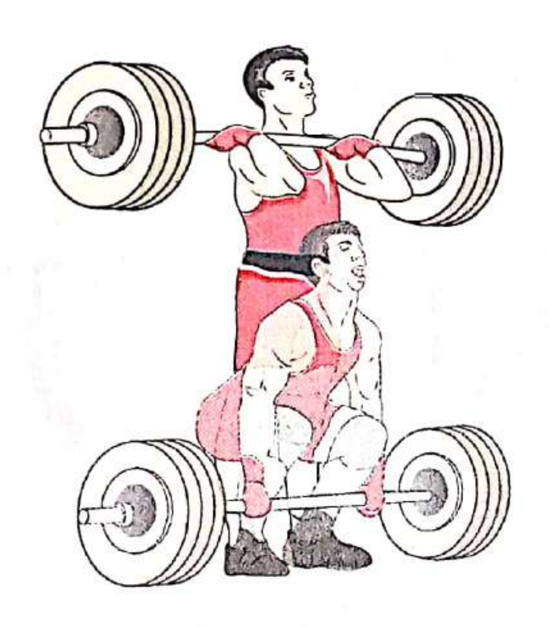
نواتج التعلم المتوقعة

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يفسر المعنى الفيزيائى للشغل.
- يستنتج أن الشغل كمية قياسية.
- يستنتج وحدات قياس الطاقة.
- يستنتج العلاقة الرياضية المستخدمة لحساب كل من طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- يستنتج أن طاقة الوضع عبارة عن شغل مبذول.
- يقارن بين طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- يطبق قانون بقاء الطاقة على تغيرات طاقة الوضع وطاقة الحركة عند قذف جسم لأعلى.
- يطبق قانون بقاء الطاقة على بعض الأمثلة فى الحياة العملية.



الشغـــل والطاقـــة



الدرس الأول الشـغـل.

الدرس الثانى الطاقــة.

نواتج التعلم المتوقعة

★ بعد دراسة هذا الفصل يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يفسر المعنى الفيزيائى للشغل.
- يستنتج أن الشغل كمية قياسية.
- يستنتج وحدات قياس الطاقة.
- يستنتج العلاقة الرياضية المستخدمة لحساب كل من طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- يقارن بين طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- يستنتج أن طاقة الوضع عبارة عن شغل مبذول.


الفصل 1
الدرس
الأول
الشغل
في هذا الدرس
سوف نتعرف
1 العوامل التى يتوقف عليها الشغل المبذول
2 تأثير زاوية الميل على قيمة الشغل المبذول
3 استنتاج الشغل بيانيا
23
٨٨



* يختلف المعنى الفيزيائى للشغل عن معناه فى الحياة اليومية، فالشغل فى الفيزياء ليس معناه القيام بعمل ذهنى أو عضلى شاق، فلكى تبذل شغلًا ما على جسم لابد أن يتحرك الجسم إزاحة ما نتيجة لقوتك، وإذا لم يتحرك الجسم فإنك لم تبذل شغلًا مهما كان مقدار القوة التى تبذلها،

وبالتالى يرتبط الشغل بعاملين متلازمين (شروط بذل الشغل)، هما :



(١) أن تؤثر قوة معينة على الجسم.

(٢) أن يتحرك الجسم إزاحة معينة فى نفس اتجاه القوة.

بنك المعرفة المصرى

ويتضح ذلك من خلال المثالين التاليين :

① اللاعب الذى يرفع الأثقال لأعلى **يبذل** شغلًا.



② الشخص الذى يدفع الحائط **لا يبذل** شغلًا.



لأن

القوة التى تؤثر على الأثقال تحركها إلى أعلى مسافة ما فى اتجاه القوة.

القوة التى تؤثر على الحائط لا تحركه (أى يظل الحائط ساكنًا).

الاستنتاج

عندما تؤثر قوة على جسم ما فتحركه مسافة معينة على طول خط عمل القوة يقال أن القوة تبذل شغلًا

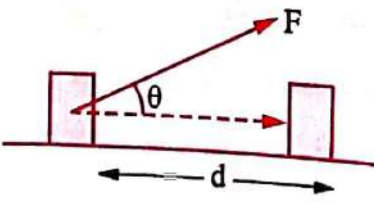
* يتعين الشغل (W) من العلاقة :

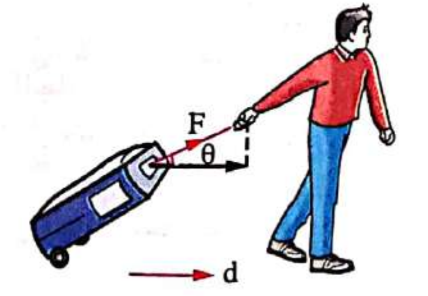
$$W = \vec{F}.\vec{d} = Fd\cos\theta$$

حيث : (F) القوة المؤثرة، (d) الإزاحة التى يتحركها الجسم فى اتجاه خط عمل القوة،

(θ) الزاوية بين اتجاه القوة واتجاه الإزاحة.









* وحدة قياس **الشغل** $kg.m^2/s^2$ وتكافئ N.m (أو) جول (J)، وصيغة أبعاده $M.L^2.T^{-2}$

* **مما سبق يمكن تعريف الشغل ووحدة قياسه الجول كالتالى :**

• الشغل

حاصل ضرب القوة فى الإزاحة فى اتجاه خط عمل القوة.

• الجول

الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها 1 N لتحرك جسم إزاحة مقدارها 1 m فى اتجاه خط عمل القوة.

ملاحظة

* بالرغم من أن القوة والإزاحة كميتان متجهتان إلا أن **الشغل كمية قياسية**

لأن الشغل هو حاصل الضرب القياسى لمتجهى القوة والإزاحة.

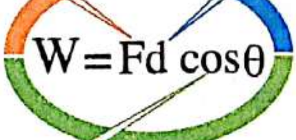
العوامل التى يتوقف عليها الشغل المبذول

١ الإزاحة : يتناسب الشغل **طرديًا** مع الإزاحة عند ثبوت قيمة القوة والزاوية بين اتجاه كل من القوة والإزاحة.

$$slope = \frac{\Delta W}{\Delta d} = F\cos\theta$$

٢ القوة : يتناسب الشغل **طرديًا** مع القوة عند ثبوت الإزاحة والزاوية بين اتجاه كل من القوة والإزاحة.

$$slope = \frac{\Delta W}{\Delta F} = d\cos\theta$$

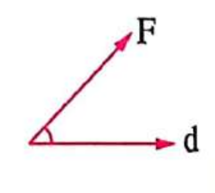
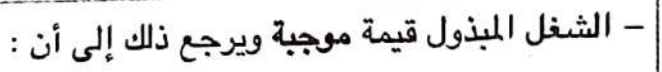
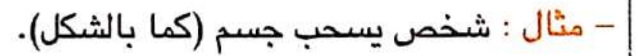
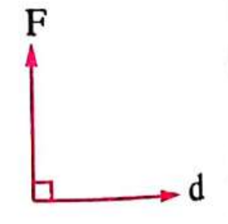
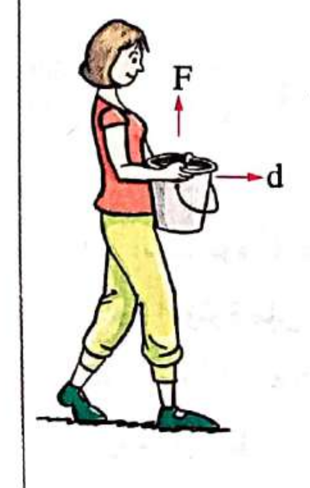


٣ الزاوية بين اتجاه كل من القوة والإزاحة :

يتناسب الشغل **طرديًا** مع جيب تمام الزاوية بين اتجاه كل من القوة والإزاحة عند ثبوت قيمة القوة والإزاحة.

$$slope = \frac{\Delta W}{\Delta \cos\theta} = Fd$$

تأثير زاوية الميل (θ) على قيمة الشغل المبذول

قيمة الزاوية (θ)	الشغل المبذول
$\theta = 0°$ 	$W = Fd \cos 0 = Fd$ – يكون الشغل المبذول : أى أنه عندما يكون اتجاه القوة فى نفس اتجاه الإزاحة يصبح الشغل المبذول قيمة **عظمى موجبة**. – مثال : شخص يسحب جسم ويتحرك به مسافة (كما بالشكل). 
$0° < \theta < 90°$ 	 – الشغل المبذول قيمة **موجبة** ويرجع ذلك إلى أن : الزاويـــة بين اتجـــاه كل من القـــوة المؤثرة على الجسم والإزاحة أقل من 90° فيكون جيب تمام الزاويـــة قيمة موجبة (الشـــخص هو الذى يبذل الشغل على الجسم).  – مثال : شخص يسحب جسم (كما بالشكل).
$\theta = 90°$ 	$W = Fd \cos 90 = 0$ – يكون الشغل المبذول : أى أنه عندما يكـون اتجـاه القـوة المؤثرة على الجســـم عمودى على اتجاه إزاحة الجســـم يصبح الشغل المبذول على الجسم منعدم. – مثال : شـــخص يحمل دلوًا ويســـير به مســـافة أفقية حيث يكون اتجاه الحركة الأفقيـة للشخص عمـــودى علـــى اتجاه القـــوة التى تؤثـــر بها يد الشخص على الدلو (كما بالشكل). 

$180° > \theta > 90°$	- الشغل المبذول قيمة **سالبة** ويرجع ذلك إلى أن : الزاوية بين اتجاه كل من القوة المؤثرة على الجسم والإزاحة أكبر من 90° وأقل من 180° فيكون جيب تمام الزاوية قيمة سالبة. - **مثال :** شخص يحاول سحب جسم، وهو يتحرك عكس اتجاه القوة (كما بالشكل).
$\theta = 180°$	- **يكون الشغل المبذول :** $W = Fd \cos 180 = -Fd$ أي أنه عندما يكون اتجاه القوة المؤثرة على الجسم فى عكس اتجاه الإزاحة يصبح الشغل المبذول قيمة **عظمى سالبة.** - **مثال :** الشغل المبذول من قوى الاحتكاك (مثل قوة الفرامل).



اختبر نفسك

«الأقمار الصناعية تستطيع البقاء فى مداراتها حول الأرض دون الحاجة إلى أى كمية من الوقود».

فسر هذه العبارة.

....

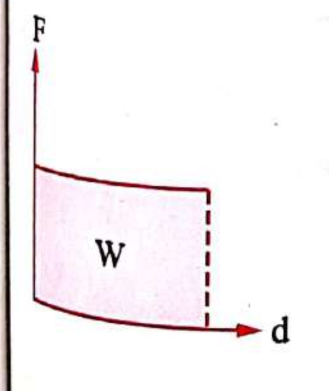
....

استنتاج الشغل بيانيًا

* يمكن استنتاج الشغل بيانيًا باستخدام منحنى (القوة - الإزاحة) :

- إذا أثرت قوة F على جسم فسببت له إزاحة d فى نفس اتجاه القوة المؤثرة فإن $(\theta = 0°)$.

- عند تمثيل العلاقة بين (القوة - الإزاحة) بيانيًا نحصل على الرسم المقابل :



∵ الشغل = القوة × الإزاحة

∴ الشغل (بيانيًا) = المساحة تحت منحنى (القوة - الإزاحة)



علماء أفادوا البشرية جيمس چول (1818 - 1889) م :



جيمس چول

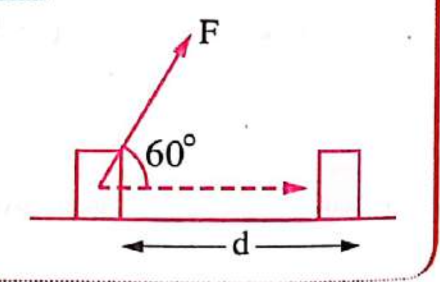
* يعتبر العالم الإنجليزى جيمس چول من أوائل من أدركوا أن الشغل يولد حرارة، ففى إحدى تجاربه وجد أن درجة حرارة الماء أسفل الشلال أكبر منها فى أعلى الشلال مما يثبت أن جزء من طاقة المياه الساقطة تحول إلى حرارة.

مثال ١

عربة حديقة كتلتها 20 kg تتحرك تحت تأثير قوة شد مقدارها 50 N تصنع زاوية مقدارها 60° مع الأفقى، فإذا تحركت العربة إزاحة مقدارها 4 m، **احسب** الشغل المبذول بواسطة القوة (مع إهمال قوة الاحتكاك).

الحل

$m = 20\ kg$	$F = 50\ N$	$\theta = 60°$	$d = 4\ m$	$W = ?$



$W = Fd\cos\theta = 50 \times 4 \times \cos 60 = \mathbf{100\ J}$

مثال ٢

احسب الشغل الذى تبذله يد طفلة على دلو كتلته 300 g تحمله وتتحرك به إزاحة مقدارها 10 m فى الاتجاه الأفقى، **ثم احسب** الشغل الذى يبذله طفل لرفع دلو له نفس كتلة الدلو الذى تحمله الطفلة إزاحة مقدارها 10 cm فى الاتجاه الرأسى (علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$).

الحل

$m = 300\ g$	$d_{(\text{الطفلة})} = 10\ m$	$d_{(\text{الطفل})} = 10\ cm$	$g = 10\ m/s^2$
$W_{(\text{الطفلة})} = ?$	$W_{(\text{الطفل})} = ?$		

* **الشغل الذى تبذله يد الطفلة :**

∵ القوة عمودية على الإزاحة.

$\therefore W_{(\text{الطفلة})} = \mathbf{0}$

* **الشغل الذى يبذله الطفل :**

$F = mg = 300 \times 10^{-3} \times 10 = 3\ N$

∵ القوة والإزاحة فى نفس الاتجاه.

$\therefore \theta = 0$

$W_{(\text{الطفل})} = Fd_{(\text{الطفل})} \cos\theta = 3 \times 10 \times 10^{-2} \times \cos 0 = \mathbf{0.3\ J}$



قوة ثابتة أفقية مقدارها 100 N أثرت على جسم ساكن فحركته أفقيًا لتصبح سرعته بعد 5 s تساوى 20 m/s، **احسب** الشغل الذى تبذله هذه القوة.



$W = ?$	$v_f = 20\ m/s$	$t = 5\ s$	$v_i = 0$	$F = 100\ N$

وسيلة مساعدة

∵ الجسم يتأثر بقوة ثابتة.

∴ الجسم يتحرك بعجلة منتظمة، وبالتالى يمكن حساب إزاحته من خلال معادلات الحركة بعجلة منتظمة أو باستخدام السرعة المتوسطة.

من المعادلة الأولى للحركة :

$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{20 - 0}{5} = 4\ m/s^2$

من المعادلة الثانية للحركة :

$d = v_i t + \frac{1}{2} at^2 = 0 + (\frac{1}{2} \times 4 \times (5)^2) = 50\ m$

$W = Fd = 100 \times 50 = \mathbf{5000\ J}$

حل آخر :

$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{v_f + v_i}{2}$

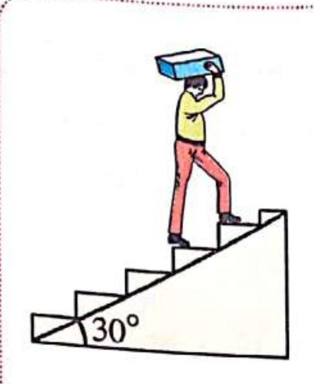
$\frac{d}{5} = \frac{20 + 0}{2}$ ، $d = 50\ m$

$W = Fd = 100 \times 50 = \mathbf{5000\ J}$

مثال ٤

صعد عامل يحمل صندوقًا كتلته 40 kg سلمًا طوله 20 m كما بالشكل، فإذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$،

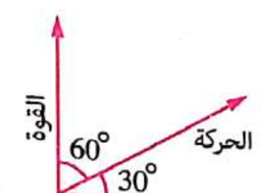
احسب الشغل المبذول على الصندوق.



الحل

وسيلة مساعدة

عندما يصعد العامل على السلم فإنه يؤثر على الصندوق بقوة اتجاهها يميل على اتجاه الحركة (الإزاحة) بزاوية 60°



$m = 40\ kg$	$d = 20\ m$	$\theta = 60°$	$g = 10\ m/s^2$	$W = ?$

$$F = w = mg = 40 \times 10 = 400\ N$$

$$W = Fd\cos\theta$$

$$= 400 \times 20 \times \cos 60 = \mathbf{4000\ J}$$

مثال ٥

الشكل التالي يوضح تغير القوة المؤثرة على جسم يتحرك في اتجاه ثابت، **احسب** الشغل المبذول بواسطة القوة عندما يتحرك الجسم :

(أ) من $d = 0$ إلى $d = 10\ m$

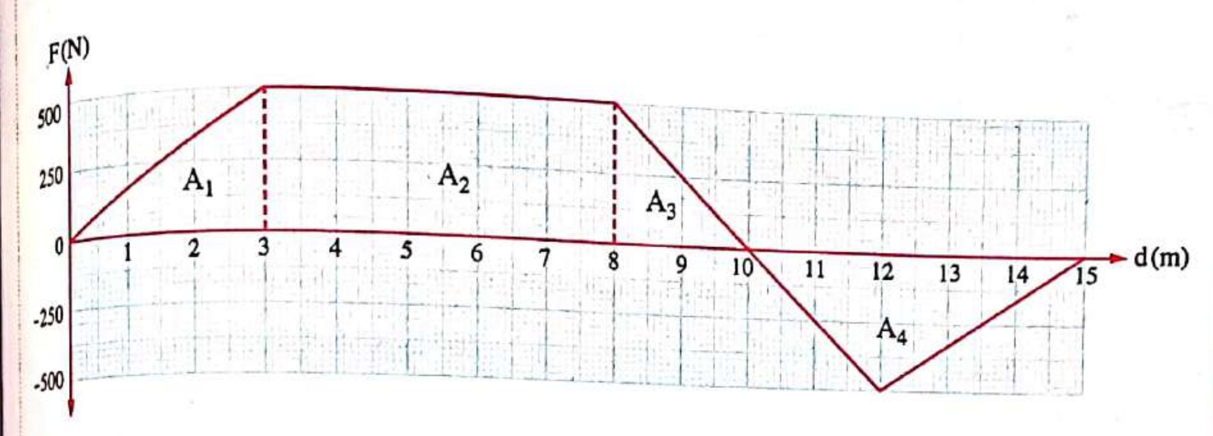
(ب) من $d = 0$ إلى $d = 15\ m$

F(N)
500
250
0
-250
-500
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
d(m)

الحـــل

وسيلة مساعدة

يحسب الشـغل بيانيًا من المساحة تحت منحنى (القوة - الإزاحة) وبالتالي يلزم تقسيم المساحة تحت المنحنى إلى أجزاء يمكن حساب مساحتها.



(أ) $W_1 = A_1 + A_2 + A_3$

$= (0.5 \times 3 \times 500) + (5 \times 500) + (0.5 \times 2 \times 500) = \mathbf{3750\ J}$

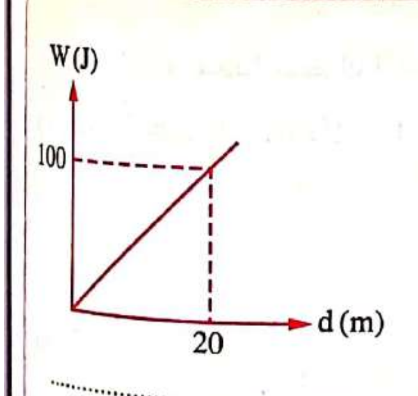
(ب) $W_2 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

$= W_1 + A_4 = 3750 + (0.5 \times 5 \times (-500))$

$= \mathbf{2500\ J}$

اختبر نفسك

١ الشكل المقابل يوضح العلاقة بين الشغل المبذول (W) بواســطة قوة (F) والإزاحــة (d)، فإذا كانــت الزاوية بين متجهى القوة والإزاحة °30، **احسب** مقدار القوة (F).



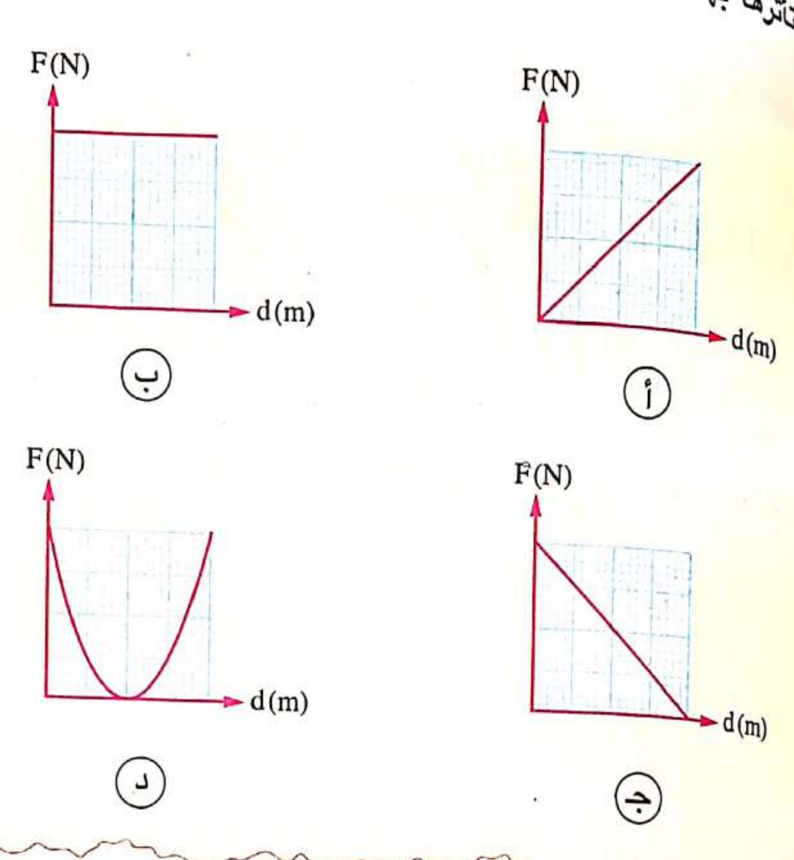
....

....

....



اختر : الأشـكال البيانية التاليـة توضح العلاقة بين القوة (F) المؤثـرة على مجموعة من الأجسـام المتحركة والإزاحة (d) التى تتحركها هذه الأجسـام فى نفس اتجاه القوة نتيجة تأثرها بهذه القوة، أى من هذه الأجسام يُبذل عليه شغل أكبر ؟ ....







الأسئلة المشار إليها بالعلامة تقيس مستويات التفكير العميقة مجاب عنها

أولًا أسئلة الاختيار من متعدد

① صيغة أبعاد الشغل هى ....

(أ) $M.L^2.T^{-2}$ (ب) $M.L.T^{-2}$ (ج) $M.L.T^{-1}$ (د) $M.L.T$

② الجول يكافئ ....

(أ) N/m (ب) $N.m^2$ (ج) m/N (د) $N.m$

③ يكون الشغل المبذول أكبر ما يمكن إذا كان اتجاه القوة المؤثرة على الجسم يصنع مع اتجاه الإزاحة زاوية تساوى ....

(أ) $90°$ (ب) $60°$ (ج) $30°$ (د) $0°$

④ عندما يتحرك جسم فى اتجاه يميل على اتجاه القوة المؤثرة عليه بزاوية $60°$ فإن الشغل المبذول يساوى ....

(أ) صفر
(ب) قيمة عظمى
(ج) نصف القيمة العظمى
(د) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ من القيمة العظمى

⑤ يكون الشغل سالب عندما يكون اتجاه الإزاحة .... اتجاه القوة.

(أ) فى نفس
(ب) عمودى على
(ج) عكس
(د) يميل بزاوية حادة على

⑥ الشغل الذى تبذله قوة الفرامل ....

(أ) موجب
(ب) سالب
(ج) يساوى صفر
(د) لا يمكن تحديد الإجابة

⑦ إذا زادت القوة المؤثرة على جسم للضعف بحيث يقطع نفس المسافة فإن الشغل المبذول ....

(أ) يزداد إلى أربعة أمثال
(ب) يزداد للضعف
(ج) يقل للنصف
(د) يظل ثابتًا

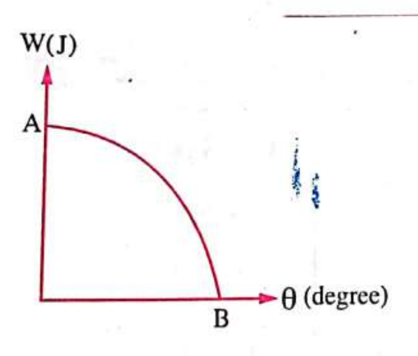
(٨) تحرك جســم فى مســار دائرى إزاحة مقدارها 10 m عندما أثرت عليه قوة عمودية على اتجاه حركته مقدارها 40 N فإن الشغل المبذول يساوى ....

(أ) zero (ب) 4 J (جـ) 40 J (د) 400 J

(٩) تدفع أم عربة طفلتها بسرعة ثابتة على طريق مستقيم أفقى بقوة تصنع مع الأفقى زاوية 60°، فإذا كانت العربة تتعرض لقوة احتكاك مقدارها 20 N فإن الشغل المبذول بواسطة الأم لتتحرك العربة مسافة 5 m يساوى ....

(أ) 100 J (ب) 80 J (جـ) 50 J (د) 40 J

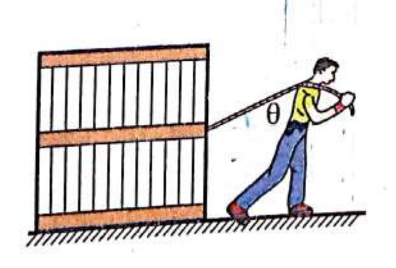
(١٠) الشكل البيانى المقابل يوضح العلاقة بين قوة أفقية تؤثر على جســم ومقدار الإزاحة الأفقية بفعل القوة فيكون الشغل المبذول بواسطة تلك القوة هو ....



(أ) 20 J (ب) 40 J

(جـ) 50 J (د) 60 J

(١١) الرســم البيانى المقابل يعبر عن العلاقة بين قيمة الشغل المبذول على جسم والزاوية بين القوة المؤثرة على الجسم والإزاحة التى يتحركها نتيجة تأثره بهذه القوة، فتكون قيمة كل من A ، B على الترتيب ....



(أ) 0° ، Fd (ب) 30° ، $\frac{1}{2}$ Fd (جـ) 90° ، Fd (د) 90° ، $\frac{1}{2}$ Fd

ثانيًا أسئلة المقال

(١) **الشكل المقابل** يوضح شخص يسحب صندوق بقوة F فيحركه إزاحة d، **اذكر** ثلاث طرق لتقليل قيمة الشغل الذى يبذله الشخص على الصندوق.

٢ فسر العبارات التالية :

(١) الشغل كمية قياسية.

(٢) * القوة الجاذبة المركزية لا تبذل شغلًا.

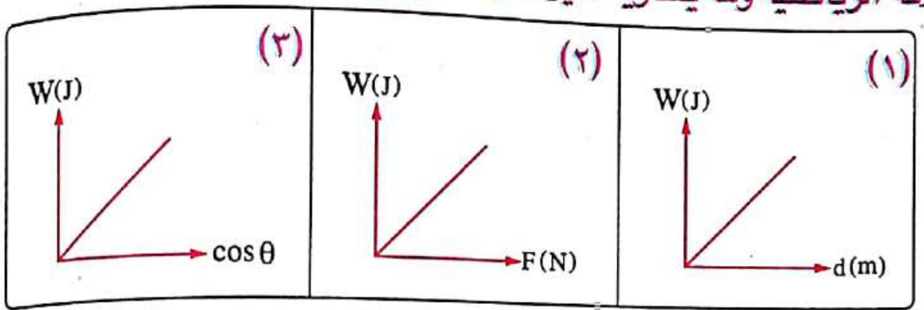
* لا يُبذل على الإلكترون شغلًا أثناء دورانه حول النواة.

* القمر الصناعى أثناء دورانه حول الأرض لا يُبذل عليه شغل.

* عندما يتحرك جسم فى مسار دائرى بسرعة ثابتة المقدار فإنه لا يبذل شغل.

(٣) عندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة على سطح أفقى عديم الاحتكاك فإن الشغل الكلى المبذول عليه يكون مساويًا للصفر.

٣ اكتب العلاقة الرياضية وما يساويه الميل لكل مما يأتى :

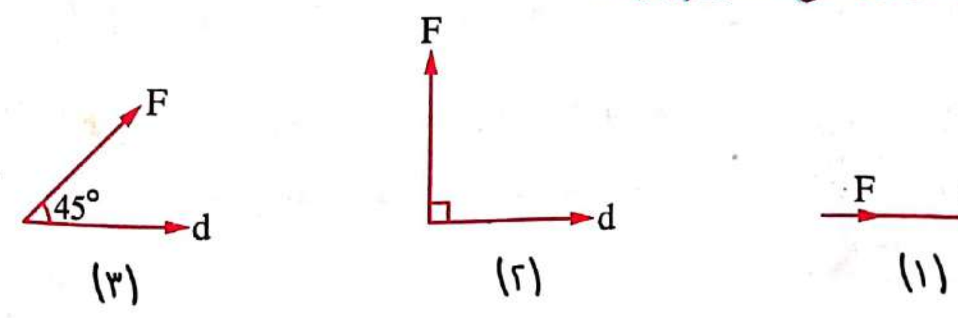


«حيث (W) الشغل المبذول، (d) الإزاحة، (F) القوة، (θ) الزاوية بين القوة والإزاحة».

٤ أكمل البيانات الناقصة فى الجدول التالى :

القوة (F)	الإزاحة (d)	الزاوية (θ) بين الإزاحة والقوة	الشغل (W)
5 N	4 m	.....(١).....	20 J
20 N	100 m	45°	.....(٢).....
100 N	.....(٣).....	60°	4330 J

٥ إذا أثرت قوة (F) على جسم فحركته إزاحة (d)، رتب الأشكال التالية ترتيبًا تنازليًا طبقًا لقيم الشغل المبذول، مع تفسير إجابتك :



وضح فى كل مما يأتى هل يتم بذل شغل أم لا ؟ مع التفسير :

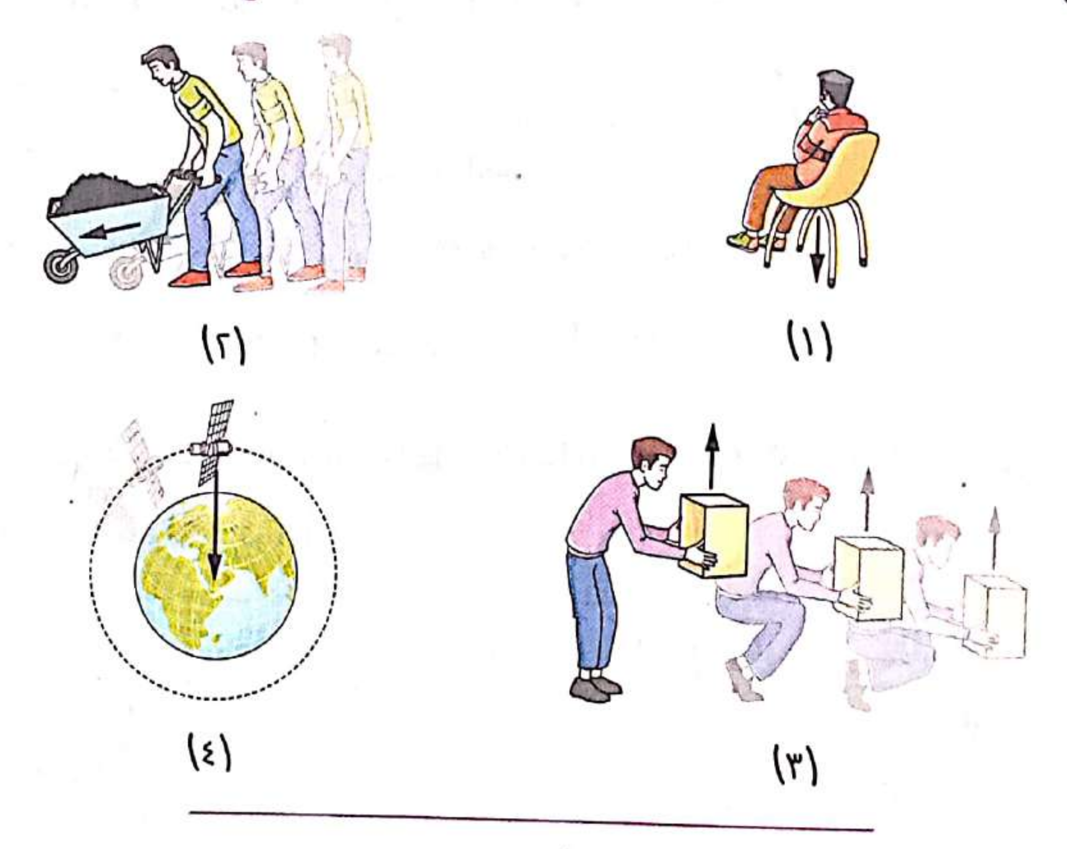
(١) شخص يحمل حقيبة ويصعد بها سلم.

(٢) شخص يحاول دفع سيارة ولم تتحرك.

(٣) شخص يدفع عربة أطفال.

يبين السهم فى الأشكال التالية اتجاه القوة المؤثرة،

أى الأشكال يوضح أن هناك شغل مبذول بواسطة هذه القوة ؟ مع ذكر السبب.



---

(٨) اذكر مثال لجسم يكون الشغل المبذول عليه :

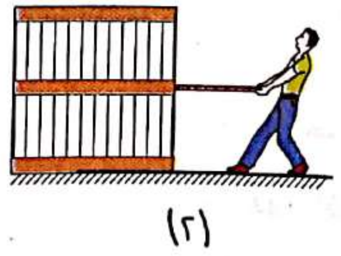
(١) يساوى صفر.   (٢) أكبر ما يمكن.   (٣) موجب.   (٤) سالب.

---

(٩) فى أى من الحالتين (١) ، (٢) يكون الشغل المبذول أكبر إذا تحرك الجسم نفس الإزاحة ؟ مع التعليل.

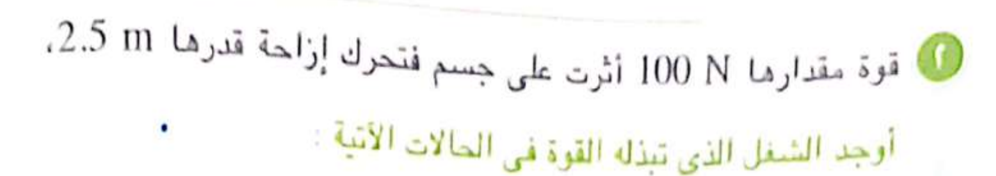


(١)



(٢)





١ احسب الشغل اللازم لدفع عربة مسافة أفقية 3.5 m بواسطة قوة أفقية مقدارها 20 N

[70 J]



٢ قوة مقدارها 100 N أثرت على جسم فتحرك إزاحة قدرها 2.5 m،

أوجد الشغل الذى تبذله القوة فى الحالات الآتية :

(١) إذا كانت القوة فى اتجاه حركة الجسم.

(٢) إذا كانت القوة تميل بزاوية 60° على اتجاه الحركة.

(٣) إذا كانت القوة عمودية على اتجاه حركة الجسم.

[250 J , 125 J , 0]

٣ الجدول الآتى يبين العلاقة بين الشغل (W) بالچول والمسافة (d) بالمتر لجسم يتحرك فى خط مستقيم تحت تأثير قوة ثابتة :

W (J)	10	15	20	25	30	50
d (m)	2	3	4	5	6	10

(١) ارسم العلاقة البيانية بين (W) على المحور الرأسى، (d) على المحور الأفقى.

(٢) احسب القوة المؤثرة على الجسم إذا تحرك الجسم فى نفس اتجاه القوة.

[5 N]

٤ موتوسيكل كتلته 200 kg يتحرك فى خط مستقيم تحت تأثير قوة موتور قدرها 500 N فإذا كانت قوى الاحتكاك 100 N لكل 100 kg من كتلة الموتوسيكل، احسب مقدار الشغل المبذول على الموتوسيكل عندما يسير مسافة قدرها 50 m

[15000 J]

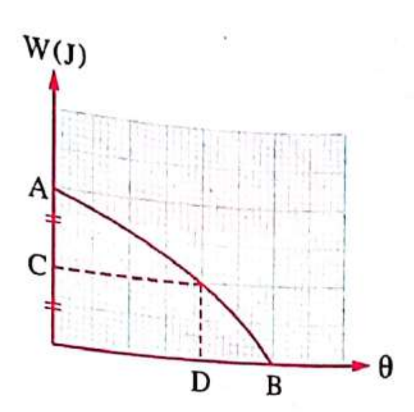
٥ قوة مقدارها 200 N أثرت على جسم ساكن كتلته 50 kg فحركته فى نفس اتجاهها، احسب الشغل المبذول بفعل هذه القوة خلال فترة زمنية 5 s

[10000 J]

⑥ الشكل المقابل يوضح العلاقة البيانية بين قيمة الشغل وزاوية ميل خط عمل القوة على اتجاه الحركة، إذا علمت أن القوة المسببة للحركة 100 N والإزاحة الحادثة 5 m ، أوجد :

(١) قيمة الشغل عند A ، C

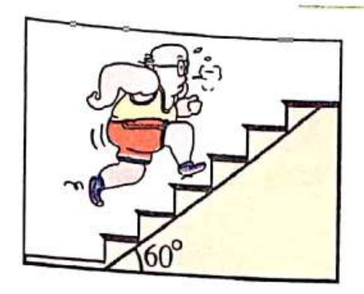
(٢) قيمة الزاوية عند D ، B



[500 J , 250 J , 60° , 90°]

⑦ فى الشكل المقابل، رجل كتلته 70 kg يصعد سلم طوله 50 m، احسب الشغل المبذول (علمًا بأن : عجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$).





$[30.31 \times 10^3\ J]$




الفصل
1
الدرس
الثانى
الطاقة
طاقة الحركة
طاقة الوضع
الفيزياء فى خدمة البيئة
فى هذا الدرس
سوف نتعرف

• يحتاج الإنسان للطاقة للقيام بأى عمل (بذل شغل)، فمثلًا عندما يدفع شخص أرجوحة فإن الطاقة الكيميائية المختزنة فى جسمه تتحول إلى صورة أخرى من الطاقة تتسبب فى حركة الأرجوحة.

• الطاقة: قدرة الجسم على بذل شغل.

• وحدة قياس الطاقة هى الجول (نفس وحدة قياس الشغل) وتكافئ N.m أو $kg.m^2/s^2$، وصيغة أبعادها $M.L^2.T^{-2}$



من صور الطاقة





أولا طاقة الحركة Kinetic Energy (K.E)

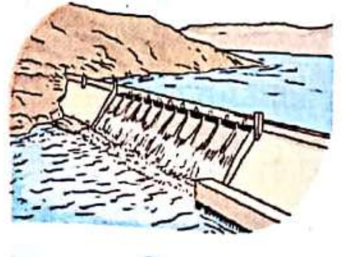
• عند بذل شغل لتحريك جسم فإن هذا الشغل يكتسبه الجسم فى صورة طاقة تسمى طاقة الحركة.

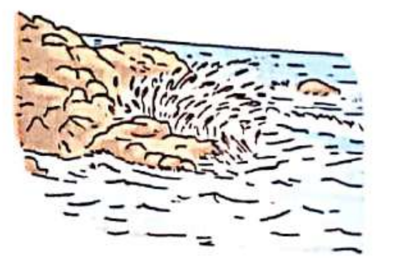
• طاقة الحركة: الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.

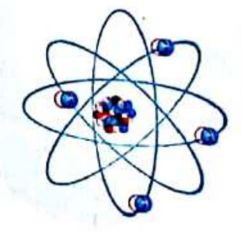
• وحدة قياس طاقة الحركة هى الجول (J)، وصيغة أبعادها $M.L^2.T^{-2}$

أمثلة على طاقة الحركة


شخص يجرى


الماء المتدفق عبر السد


موجات الماء المنكسرة على الشاطئ


إلكترون يدور حول نواة الذرة

استنتاج طاقة الحركة لجسم

* إذا أثرت قوة F على جسم ساكن كتلته m فتحرك بعجلة منتظمة a لتصل سرعته إلى v_f بعد أن يقطع إزاحة d، فإن :

من المعادلة الثالثة للحركة :

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\,ad$$

$$\because v_i = 0$$

$$\therefore v_f^2 = 2\,ad \quad , \quad d = \frac{v_f^2}{2\,a}$$

بضرب طرفى المعادلة فى القوة (F) :

$$\therefore Fd = \frac{1}{2}\,\frac{F}{a}\,v_f^2$$

من قانون نيوتن الثانى :

$$\because \frac{F}{a} = m$$

$$\therefore Fd = \frac{1}{2}\,mv_f^2$$

* **فى المعادلة السابقة :**

– الطرف الأيسر (Fd) يمثل **الشغل المبذول** لتحريك الجسم.

– الطرف الأيمن $(\frac{1}{2}\,mv_f^2)$ يمثل **طاقة الحركة** (K.E) وهى الصورة التى تحول إليها الشغل المبذول.

$$\therefore \boxed{K.E = \frac{1}{2}\,mv^2}$$

العوامل التى تتوقف عليها طاقة الحركة لجسم

١ **سرعة الجسم :**

تتناسب طاقة الحركة لجسم **طرديًا** مع مربع سرعته عند ثبوت الكتلة.

K.E

v^2

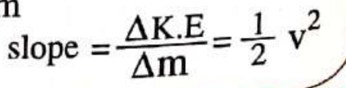
$$slope = \frac{\Delta K.E}{\Delta v^2} = \frac{1}{2}\,m$$

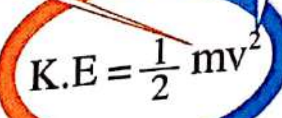
٢ **كتلة الجسم :**

تتناسب طاقة الحركة لجسم **طرديًا** مع كتلته عند ثبوت السرعة.

K.E

m



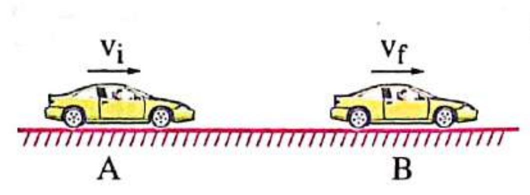




ملاحظات

(١) تعتبر طاقة حركة جسم كمية قياسية،
لأنها حاصل ضرب كميتين قياسيتين هما كتلة الجسم ومقدار مربع سرعته.

(٢) فى الشكل المقابل، الشغل المبذول بواسطة السيارة لتحرك من الموضع A إلى الموضع B :



$$W = \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2$$
$$= \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$
$$= \Delta (K.E)$$

(٣) إذا كان الشغل المبذول على جسم ما :

* موجبًا : فإن طاقة الجسم الحركية تزداد بمقدار الشغل المبذول وتزداد سرعة الجسم، أى أن : محصلة القوى المؤثرة على الجسم باتجاه حركته.
* سالبًا : فإن طاقة الجسم الحركية تقل بمقدار الشغل المبذول وتقل سرعة الجسم، أى أن : محصلة القوى المؤثرة على الجسم باتجاه معاكس لاتجاه حركته.
* يساوى صفرًا : فإن الطاقة الحركية تبقى ثابتة وهذا يدل على أن سرعة الجسم تظل مقدارًا ثابتًا، أى تنعدم محصلة القوى المؤثرة على الجسم.

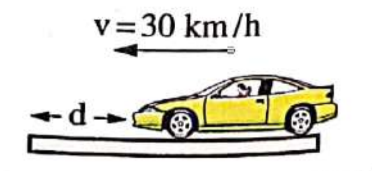
(١) تطبيقات حياتية :

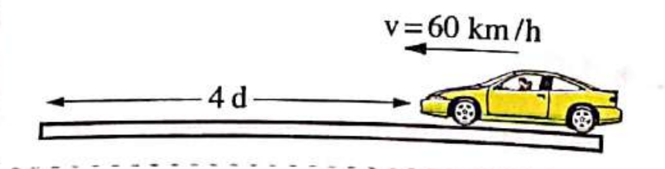
يتضح من العلاقة $K.E = \frac{1}{2} mv^2 = Fd$ أن الشغل المبذول على جسم يتناسب طرديًا مع مربع السرعة التى يتحرك بها،

فـإذا

• تحركت سيارة بسرعة 30 km/h، عند الضغط على دواسة الفرامل فإنها تقطع مسافة d قبل أن تتوقف.

• تحركت نفس السيارة بسرعة 60 km/h، عند الضغط على دواسة الفرامل بنفس القوة المستخدمة فى الحالة الأولى فإنها تقطع مسافة 4 d قبل أن تتوقف حيث $Fd \propto v^2$









أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها 2000 kg تسير بسرعة 72 km/h

الحـــل

m = 2000 kg	v = 72 km/h	K.E = ?

$$v = 72 \times \frac{1000}{60 \times 60} = 20 \text{ m/s}$$

$$K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2000 \times (20)^2 = \mathbf{4 \times 10^5 \ J}$$



احسب مقدار الشغل اللازم بذله لزيادة سرعة سيارة كتلتها 1200 kg من 5 m/s إلى 10 m/s



m = 1200 kg	$v_i = 5$ m/s	$v_f = 10$ m/s	W = ?

وسيلة مساعدة

مقدار الشغل المبذول بواسطة السيارة لزيادة سرعتها يساوى مقدار التغير فى طاقة حركتها.

$$W = \Delta(K.E) = (K.E)_f - (K.E)_i = \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2$$

$$= \frac{1}{2} m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1200 \left((10)^2 - (5)^2\right)$$

$$= \mathbf{4.5 \times 10^4 \ J}$$



مثال ٣

تحرك سيارة بسرعة 15 m/s وعندما ضغط سائقها على الفرامل توقفت بعد أن قطعت مسافة 20 m من لحظة الضغط على الفرامل، **احسب** المسافة التى تقطعها السيارة لتتوقف إذا ضغط السائق على الفرامل بنفس القوة إذا كانت تتحرك بسرعة 30 m/s مستخدمًا معادلات الشغل والطاقة.

الحل

$(v_i)_1 = 15$ m/s	$(v_f)_1 = 0$	$d_1 = 20$ m	$(v_f)_2 = 0$	$(v_i)_2 = 30$ m/s	$d_2 = ?$

$W = -Fd$ ①

$W = \Delta(K.E) = \frac{1}{2} mv_f^2 - \frac{1}{2} mv_i^2$

$W = -\frac{1}{2} mv_i^2$ ②

من المعادلتين ①، ②:

$Fd = \frac{1}{2} mv_i^2$

∵ كل من m ، F ثابتين:

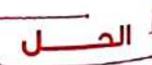
$\therefore \frac{d_1}{d_2} = \frac{(v_i)_1^2}{(v_i)_2^2}$

$\therefore \frac{20}{d_2} = \frac{(15)^2}{(30)^2}$

$\therefore d_2 =$ **80 m**

مثال ٤

جسمان x ، y لهما نفس الكتلة فإذا كانت طاقة حركتيهما 100 J ، 900 J على الترتيب، وكمية تحرك الجسم x هى 20 kg.m/s، **احسب** كمية تحرك الجسم y



الحل

$(K.E)_x = 100$ J	$(K.E)_y = 900$ J	$P_x = 20$ kg.m/s	$P_y = ?$

$\because K.E = \frac{1}{2} mv^2$ $\therefore K.E \propto v^2$ ①

$\because P = mv$ $\therefore P \propto v$ ②

من المعادلتين ① ، ② :

$$\therefore \frac{P_x}{P_y} = \sqrt{\frac{(K.E)_x}{(K.E)_y}} \qquad \therefore P \propto \sqrt{K.E}$$

$$\therefore \frac{20}{P_y} = \sqrt{\frac{100}{900}}$$

$$\therefore P_y = 60\ kg.m/s$$

تجربة عملية 5 تعيين طاقة الحركة لجسم

الغرض من التجربة

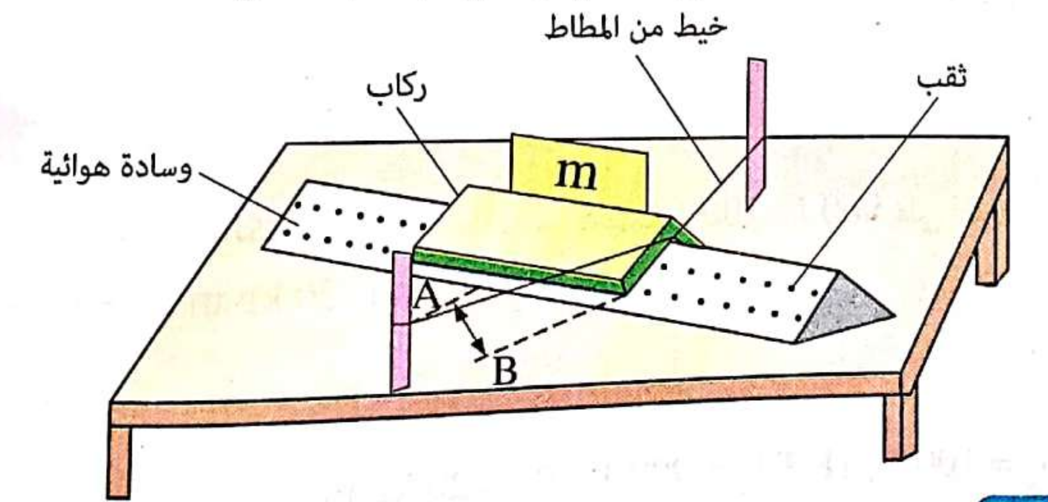
- تعيين طاقة حركة جسم متحرك.

فكرة التجربة

- تبعًا للعلاقة $(K.E = \frac{1}{2} mv^2)$ يمكن استنتاج أن مربع سرعة الجسم يتناسب عكسيًا مع كتلته، وذلك عند ثبوت طاقة الحركة.

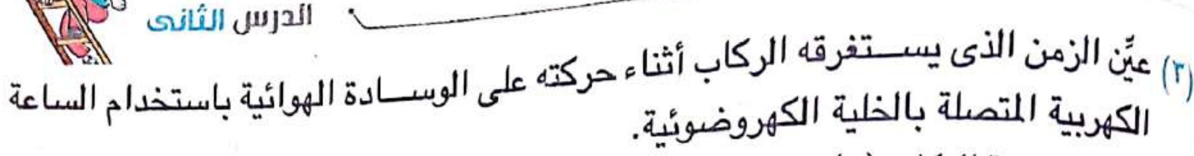
الجهاز المستخدم

- ركاب كتلته m يتحرك على وسادة هوائية (سطح عديم الاحتكاك) مسافة معينة بواسطة خيط مرن من المطاط مشدود بين قائمين رأسيين (كما بالشكل).



الخطوات

(١) حرك الركاب من الموضع (A) إلى الموضع (B) بحيث يعمل الركاب على شد الخيط المرن.
(٢) اترك الركاب حرًا فيتحرك بسرعة معينة (v).



(٣) عيِّن الزمن الذى يستغرقه الركاب أثناء حركته على الوسادة الهوائية باستخدام الساعة الكهربية المتصلة بالخلية الكهروضوئية.

(٤) احسب سرعة الركاب (v) بقسمة المسافة التى تحركها على الزمن الذى قطع فيه هذه المسافة.

(٥) كرر التجربة عدة مرات مع تغيير كتلة الركاب (m) وفى كل مرة احسب سرعته (v) مع تثبيت المسافة (AB) وقوة شد الخيط المرن فى كل مرة مع تسجيل النتائج فى الجدول التالى :

كتلة الركاب m (kg)	الزمن t (s)	السرعة v (m/s)	$\frac{1}{m}$ (kg^{-1})	v^2 (m^2/s^2)
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....

(٦) ارسم علاقة بيانية بين مربع السرعة (v^2) على المحور الرأسى ومقلوب الكتلة ($\frac{1}{m}$) على المحور الأفقى، تجد أنها خط مستقيم

ويتضح من ذلك أن : $v^2 \propto \frac{1}{m}$

$$slope = \frac{\Delta v^2}{\Delta(\frac{1}{m})} = 2\ K.E$$

اختبر نفسك

الشكل البيانى المقابل يوضح منحنى (الإزاحة – الزمن) لحركة جسم كتلته 10 kg، احسب طاقة حركة هذا الجسم.

....

....

....

....

ثانيًا طاقة الوضع Potential Energy (P.E)

* عند بذل شــغل على جسم لتغيير موضعه فإن هذا الشغل يُختزن داخل الجسم فى صورة طاقة تسمى طاقة الوضع.

• طاقة الوضع

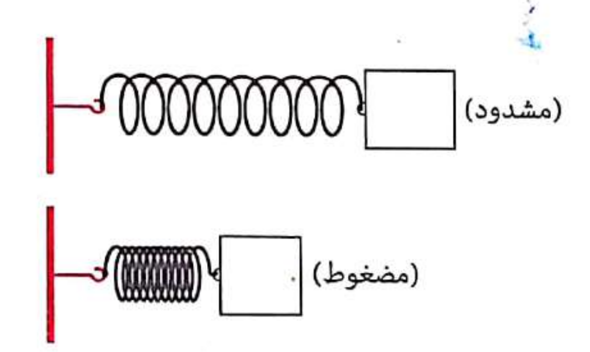
الطاقـة التـى يمتـلـكها الجسـم نتيجـة لموضعـه أو حالتـه.



* وحدة قياس طاقة الوضع هى **الچول (J)**، وصيغة أبعادها $M.L^2.T^{-2}$

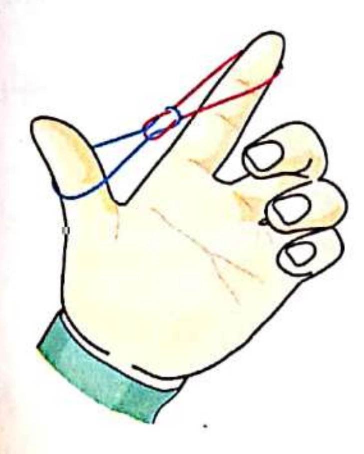
أمثلة على طاقة الوضع

١ طاقة وضع مختزنة فى ملف زنبركى مشدود أو مضغوط (طاقة وضع مرنة)



انكماش أو استطالة زنبرك يُكسب جزيئاته وضعًا جديدًا فتختزن طاقة وضع مرنة ثم يبذل الزنبرك شغلًا حتى يتخلص من هذه الطاقة لكى يعود إلى وضعه المستقر

٢ طاقة وضع مختزنة فى خيط مطاطى مشدود (طاقة وضع مرنة)



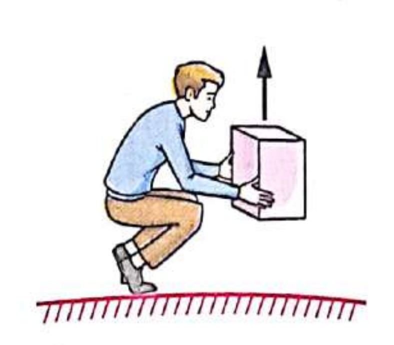
استطالة الخيط المطاطى تُكسب جزيئاته وضعًا جديدًا فتختزن طاقة وضع مرنة لذلك يتحرك الخيط المطاطى المشدود عند إزالة القوة المؤثرة عليه حتى يتخلص من هذه الطاقة لكى يعود إلى وضعه المستقر







طاقة وضع مختزنة فى جسم مرفوع عن سطح الأرض (طاقة وضع تثاقلية)



ترتبط طاقة الوضع التثاقلية بوضع الأشياء بالنسبة لسطح الأرض (بالنسبة لمجال الجاذبية)



طاقة وضع مختزنة فى الإلكترونات داخل البطارية



تتحرك الإلكترونات عند توصيل البطارية وغلق الدائرة

استنتاج طاقة الوضع لجسم

• عند رفع جسم كتلته m مسافة رأسية h عن سطح الأرض فإن الشغل المبذول (W) يتعين من العلاقة :

$$W = Fh$$

حيث : F هى القوة اللازمة لرفع الجسم لأعلى ضد الجاذبية الأرضية وتساوى وزنه (w) :

$$F = w = mg$$

$$\therefore W = mgh$$

جسم طاقة وضعه (P.E)

m

h

جسم طاقة وضعه = صفر

m

سطح الأرض

∵ الشغل المبذول يُختزن داخل الجسم فى صورة طاقة وضع (P.E).

$$\therefore P.E = mgh$$



العوامل التى تتوقف عليها طاقة الوضع لجسم

١ الارتفاع عن سطح الأرض :

تتناسب طاقة الوضع لجسم طرديًا مع ارتفاعه عن سطح الأرض عند ثبوت الكتلة وعجلة الجاذبية.

P.E — h

$$slope = \frac{\Delta P.E}{\Delta h} = mg = w$$

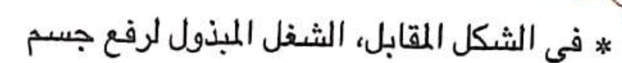
٢ كتلة الجسم :

تتناسب طاقة الوضع لجسم طرديًا مع كتلته عند ثبوت عجلة الجاذبية وارتفاع الجسم عن سطح الأرض.

P.E — m

$$slope = \frac{\Delta P.E}{\Delta m} = gh$$

$$P.E = mgh$$



* فى الشكل المقابل، الشغل المبذول لرفع جسم كتلته m من الموضع A إلى الموضع B :

$$W = mgh_f - mgh_i$$

$$= mg\,(h_f - h_i) = mg\Delta h$$

أى أن : $W = \Delta(P.E)$

B — A — h_f — h_i

٥ تطبيقات حياتية :

- عند رفع صندوق وزنه 450 N رأسـيًا لأعلى مسافة 1 m



- عند رفع نفس الصندوق رأسيًا لأعلى مسافة 1 m باستخدام مستوى مائل طوله 3 m



يكون الشغل المبذول

$$W = wh = 450 \times 1 = 450\ J$$

- يتطلب ذلك قوة تكافئ وزن الصندوق :

$$F = \frac{W}{d} = \frac{450}{1} = 450\ N$$

- يتطلـــب ذلك قوة أقل من وزن الصندوق، لكنه سيحتاج لإزاحة أكبر :

$$F = \frac{W}{d} = \frac{450}{3} = 150\ N$$

مثـال (١)

جسمان x ، y كتلة كل منهما 10 kg، قام شخص برفع الجسم x إلى ارتفاع 1 m من سطح الأرض ورفع الجسم y إلى ارتفاع 2.5 m من سطح الأرض، **احسب :** $(g = 10\ m/s^2)$

(أ) التغير فى طاقة وضع كل من الجسمين.

(ب) الشغل المبذول بواسطة الشخص على كل من الجسمين، **وماذا تستنتج من ذلك ؟**

الحـــل

$m_x = 10\ kg$	$m_y = 10\ kg$	$h_x = 1\ m$	$h_y = 2.5\ m$	$g = 10\ m/s^2$
$\Delta(P.E)_x = ?$	$\Delta(P.E)_y = ?$	$W_x = ?$	$W_y = ?$	

(أ)

$$\Delta(P.E)_x = m_x g \Delta h_x = 10 \times 10 \times (1 - 0) = \mathbf{100\ J}$$

$$\Delta(P.E)_y = m_y g \Delta h_y = 10 \times 10 \times (2.5 - 0) = \mathbf{250\ J}$$

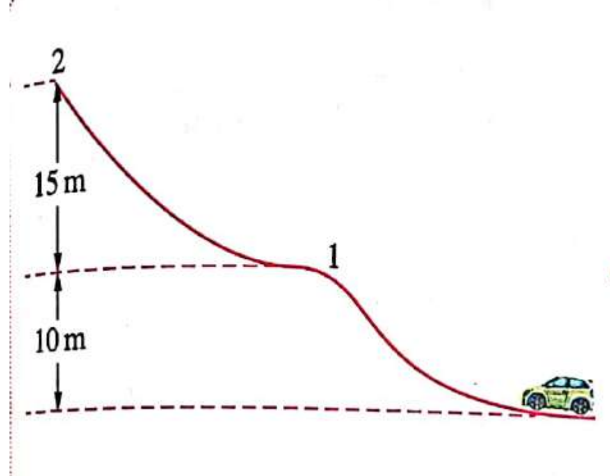
(ب)

$W_x = Fd = m_x g h_x = 10 \times 10 \times 1 = \mathbf{100\ J}$

$W_y = Fd = m_y g h_y = 10 \times 10 \times 2.5 = \mathbf{250\ J}$

نستنتج أن الشغل المبذول يساوى التغير فى طاقة الوضع **($W = \Delta P.E$)**.





فى الشكل المقابل تنتقل عربة صغيرة كتلتها 200 kg من سطح الأرض إلى الموضع (1) ثم إلى الموضع (2)،

احسب الشغل المبذول والتغير فى طاقة الوضع :

(أ) عند الموضع (1).

(ب) عند الموضع (2).

$(g = 10\ m/s^2)$

الحل

$m = 200\ kg$	$g = 10\ m/s^2$	$h_1 = 10\ m$	$h_2 = 25\ m$	$W_1 = ?$
$\Delta(P.E)_1 = ?$	$W_2 = ?$	$\Delta(P.E)_2 = ?$		

وسيلة مساعدة

عند انتقال العربة من موضع لآخر فإن الشغل المبذول = التغير فى طاقة الوضع

$$W = \Delta P.E = mg\Delta h$$

(أ) عند انتقال العربة من سطح الأرض إلى الموضع (1) :

$W_1 = \Delta(P.E)_1 = mg\Delta h_1 = 200 \times 10 \times (10 - 0) = \mathbf{2 \times 10^4\ J}$

(ب) عند انتقال العربة من سطح الأرض إلى الموضع (2) :

$W_2 = \Delta(P.E)_2 = mg\Delta h_2 = 200 \times 10 \times (25 - 0) = \mathbf{5 \times 10^4\ J}$



جسم x موضوع على ارتفاع h_x من سطح الأرض وجسم y موضوع على ارتفاع h_y من سطح القمر، فإذا علمت أن طاقة الوضع للجسمين واحدة وكتلتيهما متساوية، **احسب** النسبة $\frac{h_x}{h_y}$ (علمًا بأن : عجلة الجاذبية على سطح الأرض ستة أمثال عجلة الجاذبية على سطح القمر).

الحل

$(P.E)_x = (P.E)_y$	$m_x = m_y$	$g_e = 6\ g_m$	$\frac{h_x}{h_y} = ?$

$\because (P.E)_x = (P.E)_y$

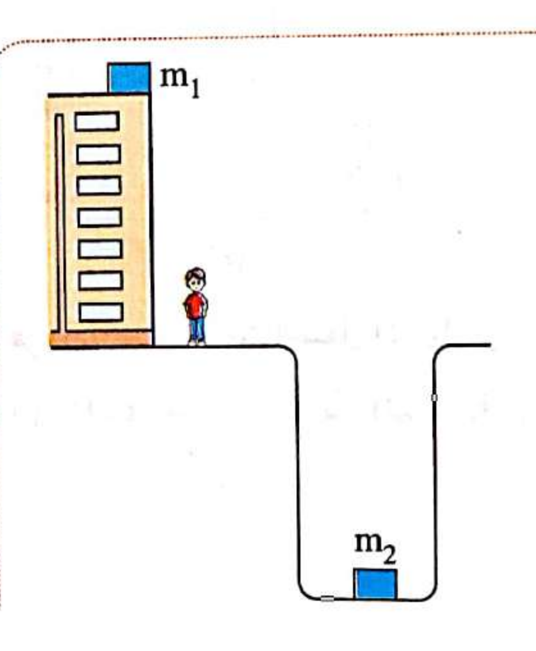
$\therefore m_x g_e h_x = m_y g_m h_y$

$\therefore 6\ g_m h_x = g_m h_y$

$\therefore \frac{h_x}{h_y} = \frac{1}{6}$



يقف شخص على سطح الأرض ويوجد بجانبه مبنى ارتفاعه 10 m وبئر عمقه 10 m عن مستوى سطح الأرض، فإذا وضع جسم كتلته 2 kg أعلى المبنى ووضع جسم آخر كتلته 4 kg فى قاع البئر، **احسب** طاقة وضع الجسمين بالنسبة لمستوى سطح الأرض (علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$).







وسيلة مساعدة

إذا كان مستوى القياس هو مستوى سطح الأرض، فإن إشارة h تكون :

- موجبة : إذا كان مستوى الجسم أعلى من مستوى سطح الأرض.
- سالبة : إذا كان مستوى الجسم أقل من مستوى سطح الأرض.

$m_1 = 2\ kg$ | $h_1 = 10\ m$ | $m_2 = 4\ kg$ | $h_2 = -10\ m$ | $g = 10\ m/s^2$

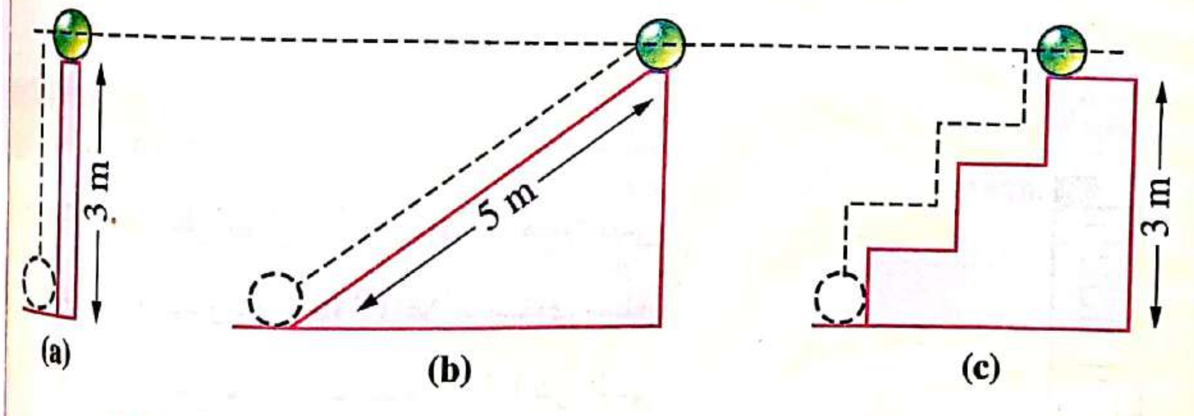
$(P.E)_1 = ?$ | $(P.E)_2 = ?$

$(P.E)_1 = m_1gh_1 = 2 \times 10 \times 10 = \mathbf{200\ J}$

$(P.E)_2 = m_2gh_2 = 4 \times 10 \times -10 = \mathbf{-400\ J}$

اختبر نفسك

اختر : الأشـكال التالية توضح ثلاثة مسـارات مختلفة عديمة الاحتكاك يمكن أن تسـلكها كرة ساكنة موجودة عند سطح الأرض لتصل إلى ارتفاع معين :



فى أى مسار يكون الشغل المبذول لرفع الكرة أكبر ما يكون ؟ .... **فسر إجابتك.**

(أ) المسار a　　(ب) المسار b　　(ج) المسار c　　(د) جميعها متساوية

....

....



* مما سبق يمكن المقارنة بين طاقة الحركة وطاقة الوضع كما يلى :

	طاقة الحركة	طاقة الوضع
العلاقة الرياضية	$K.E = \frac{1}{2}mv^2$	$P.E = mgh$
العوامل المؤثرة	(١) كتلة الجسم. (٢) سرعة الجسم.	(١) كتلة الجسم. (٢) الارتفاع عن سطح الأرض.
وحدة القياس	الچول	الچول
صيغة الأبعاد	$M.L^2.T^{-2}$	$M.L^2.T^{-2}$

الفيزياء فى خدمة البيئة

* معظم الطاقات التى يستخدمها الإنسان تأتى من مصادر طاقة غير متجددة، **ومنها** :
  - الفحم الحجرى.
  - البترول.

* تعتبر مصادر الطاقة غير المتجددة من مصادر الطاقة غير النظيفة لأنها تنتج مواد ضارة بالبيئة وبصحة الإنسان، ولذلك هناك اتجاه عالمى (خاصةً الدول الصناعية الكبرى) نحو استخدام مصادر الطاقة الطبيعية، مثل استخدام طاقة الرياح ومساقط المياه فى توليد الكهرباء وتحويلها إلى العديد من صور الطاقة اللازمة للحياة العملية للإنسان وللحفاظ على البيئة.

طاقة الرياح

الأسئلة المشار إليها بالعلامة تقيس مستويات التفكير العميقة — مجاب عنها

أولًا أسئلة الاختيار من متعدد

(١) صيغة أبعاد الطاقة هى ....

(أ) $M.L^{-1}.T^{-2}$ (ب) $M.L^{2}.T^{-2}$

(جـ) $M.L^{-1}.T^{2}$ (د) $M.L.T$

---

(٢) جسم كتلته 2 kg فإذا كانت طاقة حركته 25 J فإن سرعته تساوى ....

(أ) 100 m/s (ب) 80 m/s (جـ) 12.5 m/s (د) 5 m/s

---

(٣) فى الشكل المقابل :

10 kg (a) 3 kg (b) 1 kg (c)

(١) إذا كان للأجسام الثلاثة نفس السرعة فإن أعلاهم فى طاقة الحركة ....

(أ) c (ب) b

(جـ) a (د) لا يمكن تحديد الإجابة

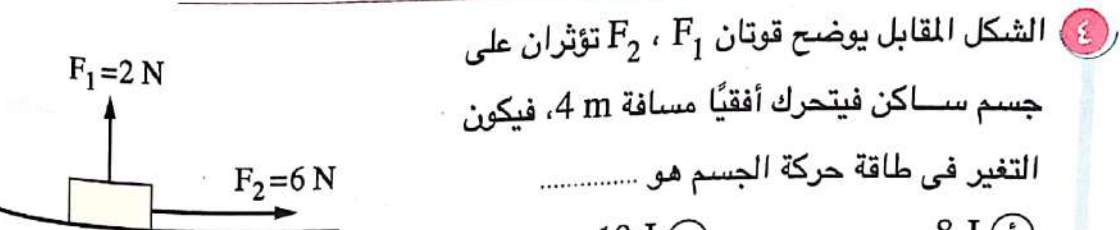
(٢) إذا كان للأجسام الثلاثة نفس طاقة الحركة فإن أكبرهم فى السرعة ....

(أ) c (ب) b

(جـ) a (د) لا يمكن تحديد الإجابة

---

(٤) الشكل المقابل يوضح قوتان F_1 ، F_2 تؤثران على جسم ساكن فيتحرك أفقيًا مسافة 4 m، فيكون التغير فى طاقة حركة الجسم هو ....



(أ) 8 J (ب) 10 J

(جـ) 24 J (د) 32 J

٥ جسم طاقة حركته 4 J ، فإذا تضاعفت سرعته تصبح طاقة الحركة ....

ⓐ 16 J ⓑ 8 J ⓒ 4 J ⓓ 0.8 J

٦ إذا زادت سرعة جسم إلى الضعف وقلت كتلته إلى الربع فإن طاقة حركته ....

ⓐ تقل إلى النصف ⓑ تظل ثابتة

ⓒ تقل إلى الربع ⓓ تزداد إلى الضعف

٧ جسمان كتلة الأول ضعف كتلة الثانى وسرعة الأول نصف سرعة الثانى فإن طاقة حركة الأول .... طاقة حركة الثانى.

ⓐ نصف ⓑ ضعف ⓒ ربع ⓓ أربعة أمثال

٨ جسمان a ، b كتلة الجسم a أربعة أمثال كتلة الجسم b والجسمان لهما نفس طاقة الحركة فتكون النسبة بين كميتى تحرك الجسمين $(\frac{P_a}{P_b})$ هى ....

ⓐ $\frac{1}{2}$ ⓑ $\frac{2}{1}$ ⓒ $\frac{1}{4}$ ⓓ $\frac{4}{1}$

٩ كرة كتلتها m تتحرك أفقيًا بسرعة v اصطدمت بحائط ثم ارتدت بنصف سرعتها فإن الطاقة المفقودة نتيجة التصادم تساوى ....

ⓐ $\frac{1}{8}$ mv^2 ⓑ $\frac{3}{8}$ mv^2 ⓒ $\frac{1}{4}$ mv^2 ⓓ $\frac{1}{2}$ mv^2

١٠ يدور جسم فى مسار دائرى منتظم نصف قطره 20 cm، وتؤثر عليه قوة مركزية قدرها 10 N، فتكون طاقة حركة الجسم هى ....

ⓐ 0.1 J ⓑ 0.2 J ⓒ 1 J ⓓ 2 J

١١ الطاقة المختزنة فى زنبرك مضغوط هى ....

ⓐ طاقة حركة ⓑ طاقة وضع ⓒ طاقة نووية ⓓ طاقة تنافر

١٢ جسم كتلته 2 kg يقع على ارتفاع 5 m فوق سطح الأرض، فإن طاقة وضعه ....

(علمًا بأن : $g = 9.8\ m/s^2$)

أ) 98 J ب) 10 J جـ) 2.5 J د) 9.8 J

١٣ طاقة وضع جسم كتلته 1 kg عند سطح الأرض = ...

أ) zero ب) 1 J جـ) 9.8 J د) 98 J

١٤ وصل رجل إلى شـقته صعودًا على السلم مرة، وباسـتخدام المصعد مرة ثانية، أى العبارات التالية صحيحة ؟ ....

أ) طاقة وضع الرجل أكبر عند صعوده السلم

ب) طاقة وضع الرجل أكبر عند استخدام المصعد

جـ) لا توجد طاقة وضع للرجل عند استخدام المصعد

د) طاقة وضع الرجل متساوية فى الحالتين

١٥ ميل الخط المستقيم فى الشكل البيانى المقابل يمثل ....

P.E

h

أ) كتلة الجسم ب) وزن الجسم

جـ) إزاحة الجسم د) سرعة الجسم

١٦ التمثيل البيانى المعبر عن تغير طاقة الوضع (P.E) لجسم يسقط سقوطًا حرًا بتغير بُعده عن موضعه الأصلى (d) هو ....

P.E (J) — d (m) — أ

P.E (J) — d (m) — ب

P.E (J) — d (m) — جـ

P.E (J) — d (m) — د

ثانيًا أسئلـــة المقـــال

١ فسر العبارات التالية :

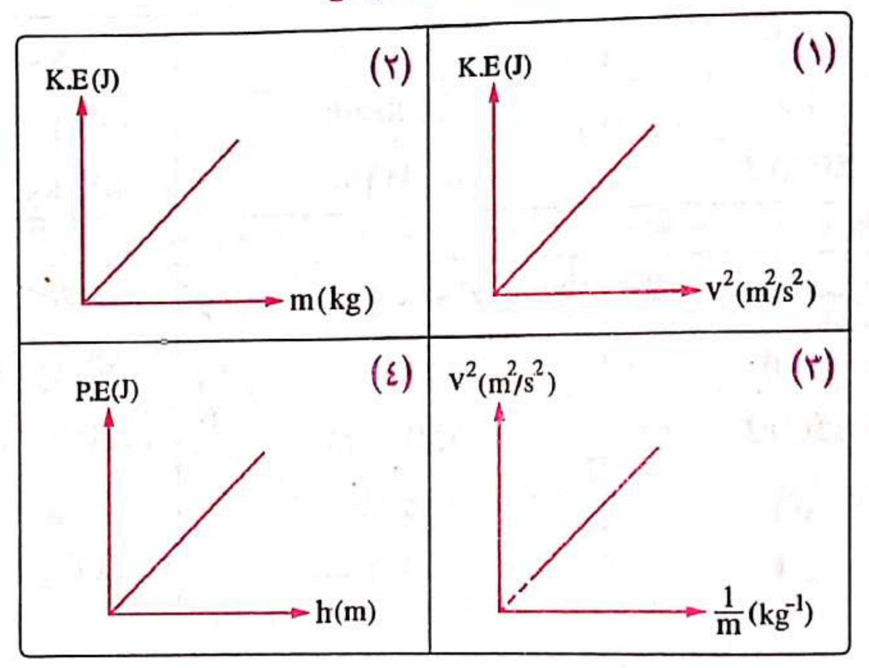
(١) طاقة الحركة كمية قياسية.

(٢) طاقة حركة جسم ساكن تساوى صفر.

(٣) تزداد طاقة الوضع لجسم إذا قذف رأسيًا إلى أعلى.

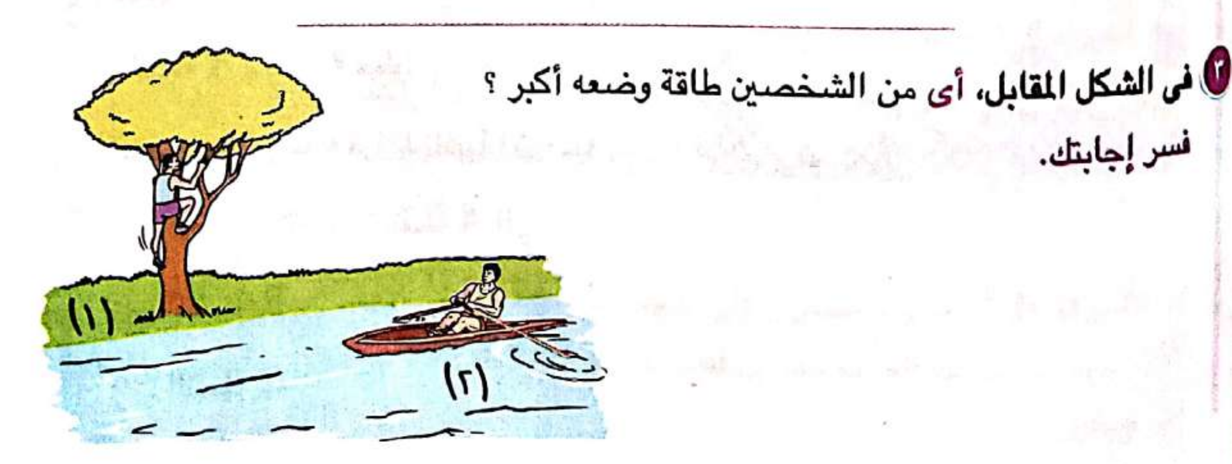
(٤) طاقة وضع الماء أعلى الشلال أكبر من طاقة وضعه فى قاع الشلال.

٢ اكتب العلاقة الرياضية وما يساويه الميل لكل مما يأتى :

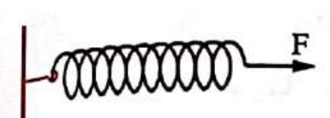


«حيث (K.E) طاقة الحركة، (v) سرعة الجسم، (m) كتلة الجسم، (P.E) طاقة الوضع، (h) الارتفاع»

٣ فى الشكل المقابل، أى من الشخصين طاقة وضعه أكبر ؟ فسر إجابتك.



٤ ما الفرق بين طاقة الوضع المرنة و طاقة الوضع التثاقلية ؟



٥ الشكل المقابل يوضح ملف زنبركى مشدود بقوة F، ماذا يحدث عند زوال هذه القوة ؟ مع التفسير.

٦ أكمل البيانات الناقصة فى الجدولين التاليين (علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$) :

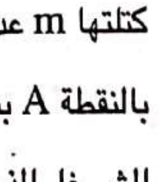
(١)

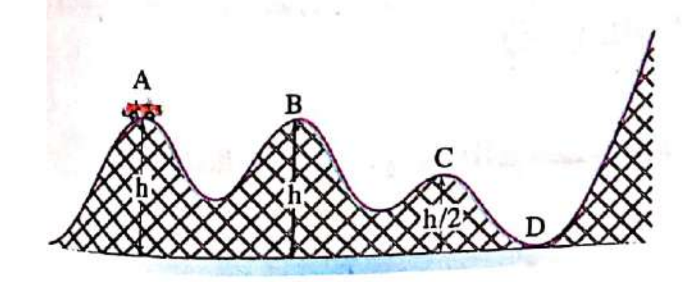
الكتلة (m)	السرعة (v)	طاقة الحركة لجسم (K.E)
50 kg	10 m/s	.....(١).....
.....(٢).....	18 km/h	1 J
400 kg	.....(٣).....	5000 J

(٢)

الكتلة (m)	ارتفاع الجسم عن سطح الأرض (h)	طاقة الوضع للجسم (P.E)
50 kg	.....(١).....	zero
.....(٢).....	0.01 km	2500 J
7 kg	5 m	.....(٣).....
200 g	.....(٤).....	2 J

٧  فى الشكل الموضح عربة ملاهى كتلتها m عديمة الاحتكاك مع السطح تمر بالنقطة A بسرعة خطية v_1، فما مقدار الشغل الذى تبذله قوة الجاذبية الأرضية على العربة لتنتقل من النقطة A إلى :





(١) النقطة B

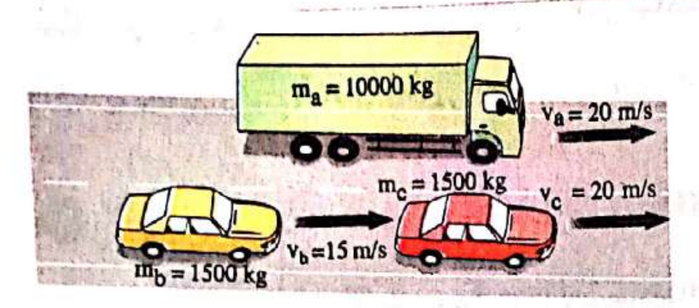
(٢) النقطة C

ثالثًا المسائل

(١) أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها 2000 kg تسير بسرعة 60 km/h
[2.78×10^5 J]

(٢) أى من الثلاث سيارات المقابلة

لها طاقة حركة أكبر ؟



[a]

(٣) احسب سرعة عداء كتلته 72 kg لتكون له طاقة حركة مساوية لطاقة حركة سيارة كتلتها 1200 kg وتتحرك بسرعة 2 km/h
[2.27 m/s]

(٤) فى تجربة لقياس طاقة الحركة باستخدام الوسادة الهوائية حصلنا على النتائج التالية :

$\frac{1}{m}$ (kg^{-1})	2	3	4	5	8
v^2 (m^2/s^2)	4	6	x	10	16

(١) ارسم العلاقة البيانية بين ($\frac{1}{m}$) على المحور الأفقى، (v^2) على المحور الرأسى.

(٢) من الرسم :

(أ) أوجد قيمة X (ب) احسب طاقة الحركة.
[$8\ m^2/s^2$, 1 J]

(٥) اصطدمت سيارة كتلتها 3×10^3 kg وسرعتها 16 m/s بشجرة فلم تتحرك الشجرة وتوقفت السيارة، احسب :



(١) التغير فى طاقة حركة السيارة.

(٢) الشغل المبذول على الشجرة عندما ترتطم مقدمة السيارة بالشجرة.

(٣) متوسط القوة التى أثرت على مقدمة السيارة لترتد مسافة 50 cm
[-3.84×10^5 J , 0 , 7.68×10^5 N]

(٦) قوة مقدارها 36 N تؤثر باستمرار على جسم كتلته 25 kg فى اتجاه يميل على الأفقى بزاوية $60°$، احسب سرعة الجسم بعد أن قطع مسافة أفقية 100 m بفرض أن الجسم بدأ حركته من السكون.
[12 m/s]



(٧) إذا كانت طاقة الحركة لجسم 36 J وكمية التحرك لنفس الجسم 18 kg.m/s، احسب :

(١) السرعة التى يتحرك بها الجسم. (٢) كتلة الجسم. [4 m/s , 4.5 kg]

(٨) مدفع سريع الطلقات يطلق 600 رصاصة فى الدقيقة فإذا كانت كتلة الرصاصة الواحدة 49 g وسرعتها 200 m/s، أوجد طاقة الحركة المتولدة فى الثانية. [9800 J]

(٩) سُددت قذيفة كتلتها 10 g بسرعة 600 m/s تجاه قطعة من المطاط سُمكها 8 cm وكانت سرعة القذيفة لحظة خروجها من المطاط 400 m/s ، أوجد :

(١) الشغل الذى تبذله قوة مقاومة المطاط على القذيفة.

(٢) متوسط قوة مقاومة المطاط للقذيفة. [-1000 J , -12500 N]

(١٠) تسلق رياضى وزنه 700 N جبلًا إلى ارتفاع 200 m من سطح الأرض، أوجد الشغل الذى بذله. [14×10^4 J]

(١١) احسب كتلة جسم عند سطح الأرض إذا علمت أن طاقة وضعه عند نقطة على بُعد 5 m من سطح الأرض تساوى 980 J وعجلة الجاذبية الأرضية 9.8 m/s^2 [20 kg]

(١٢) الجدول التالى يوضح العلاقة بين طاقة وضع جسم وارتفاعه عن سطح الأرض :

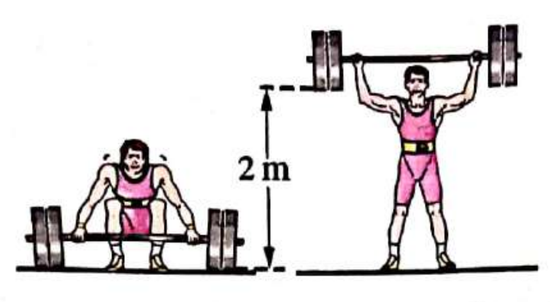
P.E (J)	16	32	48	64	80
h (m)	2	4	6	8	10

(١) ارسم العلاقة البيانية بين طاقة الوضع (P.E) على المحور الرأسى، الارتفاع (h) على المحور الأفقى.

(٢) من الرسم أوجد :

(أ) طاقة وضع الجسم عند ارتفاع 7 m

(ب) كتلة الجسم إذا كانت g = 9.8 m/s^2 [56 J , 0.82 kg]



١٣ إذا كانت كتلة الثقل 100 kg ، أوجد الشغل المبذول بواسطة رافع الأثقال.

(علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$)

[2000 J]

١٤ لديك صندوقان (a) ، (b) وزنهما 40 N ، 60 N على الترتيب، الصندوق (a) موضوع على الأرض، بينما الصندوق (b) موضوع على ارتفاع 2 m فوق الأرض،

ما الارتفاع الذى يرفع إليه الصندوق (a) حتى يصبح له طاقة وضع الصندوق (b) ؟ [3 m]

مع تحياتي للزميل محمد جمال:



الفصل 2

قانون بقاء الطاقة



نواتج التعلم المتوقعة

★ بعد دراسة هذا الفصل يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يطبق قانون بقاء الطاقة على تغيـرات طاقـة الوضـع وطاقـة الحركة عند قذف جسم لأعلى.
- يطبق قانون بقاء الطاقة على بعض الأمثلة فى الحياة العملية.



Scanned with CamScanner


شلال ماء

* درسنا فى الفصل السابق أن **طاقة الجسم هى قدرة الجسم على بذل شغل**، وهناك صور متعددة للطاقة يمكن أن تتحول إحداها للأخرى، مثل :

– تحول طاقة الوضع فى شلال الماء إلى طاقة حركة.
– تحول طاقة الوضع الكيميائية المختزنة فى الوقود (بنزين وغير ذلك) إلى شغل ميكانيكى يتمثل فى حركة السيارات والقطارات.
– تحول الطاقة الكهربية فى المصباح إلى طاقة حرارية وضوئية.
– تحول طاقة الوضع الكيميائية المختزنة فى البطارية إلى طاقة كهربية عند توصيلها فى دائرة كهربية مغلقة.
– تحول طاقة الوضع الكيميائية المختزنة فى الخشب إلى طاقة ضوئية وحرارية عند اشتعاله.

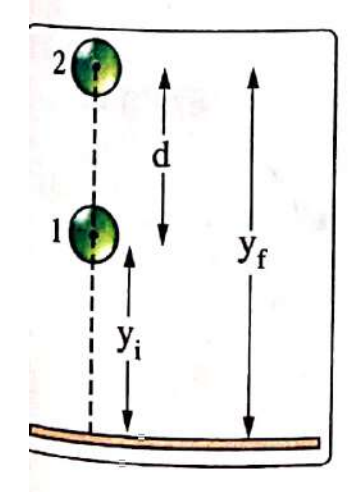
* عند تحول الطاقة من صورة لأخرى تظل كمية الطاقة ثابتة، وهذا ما يعرف باسم **قانون بقاء الطاقة**.

• قانون بقاء الطاقة

الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى.

* **فيما يلى سندرس إحدى صور قانون بقاء الطاقة وهو قانون بقاء الطاقة الميكانيكية.**

استنتاج قانون بقاء الطاقة الميكانيكية



* بفرض جسم كتلته m قُذف رأسيًا إلى أعلى من النقطة (1) بسرعة ابتدائية v_i عكس اتجاه الجاذبية الأرضية ليصل إلى النقطة (2) بسرعة v_f، فإن الشغل المبذول على الجسم بفعل قوة الجاذبية أثناء ارتفاعه يعمل على :

(١) زيادة طاقة الوضع للجسم بزيادة الارتفاع.

(٢) نقص طاقة الحركة للجسم بنقص سرعته.

من المعادلة الثالثة للحركة : $v_f^2 - v_i^2 = 2\ ad$

∵ الجسم يتحرك لأعلى فى عكس اتجاه مجال الجاذبية الأرضية.



$\therefore a = -g$

$\therefore v_f^2 - v_i^2 = -2\,gd$

بضرب المعادلة السابقة فى $(\frac{1}{2}\,m)$

$\frac{1}{2}\,m\,(v_f^2 - v_i^2) = -\,mgd$

$\because d = y_f - y_i$

$\therefore \frac{1}{2}\,m\,(v_f^2 - v_i^2) = -\,mg\,(y_f - y_i)$

$\frac{1}{2}\,mv_f^2 - \frac{1}{2}\,mv_i^2 = -\,mgy_f + mgy_i$

$mgy_f + \frac{1}{2}\,mv_f^2 = mgy_i + \frac{1}{2}\,mv_i^2$

$$(P.E)_f + (K.E)_f = (P.E)_i + (K.E)_i$$

أى أن : مجموع طاقتى الوضع والحركة عند النقطة (1)

= مجموع طاقتى الوضع والحركة عند النقطة (2).

◆ الاستنتاج : بإهمال قوى الاحتكاك يكون مجموع طاقتى الوضع والحركة للجسم عند أى نقطة فى مساره = مقدار ثابت يطلق عليه الطاقة الميكانيكية (E).

أى أنه : كلما زادت طاقة حركة الجسم فإن ذلك يكون على حساب طاقة الوضع (تقل طاقة الوضع) والعكس صحيح.

. الطاقة الميكانيكية

مجموع طاقتى الوضع والحركة لجسم.

. قانون بقاء الطاقة الميكانيكية

مجموع طاقتى الوضع والحركة لجسم عند أى نقطة فى مساره يساوى مقدار ثابت يسمى الطاقة الميكانيكية.

ملاحظات

(١) عندما يتحرك جسم رأسيًا تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية، فإن :

• عند أقصى ارتفاع للجسم :

$\because v = 0 \qquad \therefore K.E = 0 \qquad \therefore E = P.E$

• عند منتصف المسافة بين سطح الأرض وأقصى ارتفاع :

$K.E = P.E$

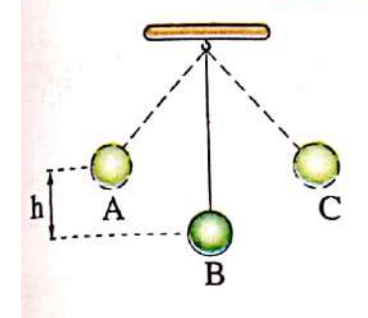
$\therefore E = 2\,K.E = 2\,P.E$



* لحظة وصول الجسم لسطح الأرض :

$\because h = 0 \quad \therefore P.E = 0 \quad \therefore E = K.E$

وبالتالى : $P.E_{(\text{عند أقصى ارتفاع})} = K.E_{(\text{عند سطح الأرض})}$



(٢) فى حالة البندول البسيط كما بالشكل :

* يسمى الموضع B بموضع الاتزان وتكون سرعة كرة البندول عنده أقصى ما يمكن.
* عند الموضعين A ، C تصنع الكرة أقصى إزاحة لها بعيدًا عن الموضع B وتكون سرعة الكرة عندهما مساوية للصفر وكذلك طاقة حركتها وبالتالى تكون الطاقة الميكانيكية للكرة بالكامل فى صورة طاقة وضع.
* الارتفاع h فى العلاقة $(P.E = mgh)$ يمثل المسافة الرأسية بين موضع كرة البندول عند أى موضع وموضع الاتزان.

مثال ١

A	$y_i = 30$ m, $v_i = 0$
B	$(y_f)_1 = 20$ m, $(v_f)_1 = ?$
C	$(y_f)_2 = 0$, $(v_f)_2 = ?$

فى الشكل المقابل، جسم ساكن على ارتفاع 30 m (عند النقطة A) من سطح الأرض له طاقة وضع 1470 J، فإذا سقط الجسم لأسفل، بإهمال مقاومة الهواء، **احسب :**

(أ) طاقة وضع الجسم وطاقة حركته عند ارتفاع 20 m من سطح الأرض.

(ب) سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض.

(علمًا بأن : $g = 9.8\ m/s^2$)

الحـــل

$(y_f)_1 = 20\ m$	$v_i = 0$	$(P.E)_i = 1470\ J$	$y_i = 30\ m$	$(K.E)_i = 0$
$(v_f)_2 = ?$	$(K.E_f)_1 = ?$	$(P.E_f)_1 = ?$	$g = 9.8\ m/s^2$	$(y_f)_2 = 0$

(أ) عند النقطة A :

$(P.E)_i = mgy_i = 1470\ J$

$m \times 9.8 \times 30 = 1470 \quad , \quad m = 5\ kg$

$(P.E_f)_1 = mg\,(y_f)_1 = 5 \times 9.8 \times 20 = \mathbf{980\ J}$

بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين A ، B :

$(P.E_f)_1 + (K.E_f)_1 = (P.E)_i + (K.E)_i$

$980 + (K.E_f)_1 = 1470 + 0 \quad , \quad (K.E_f)_1 = \mathbf{490\ J}$

(ب) بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين A ، C :

$(P.E)_i + (K.E)_i = (P.E_f)_2 + (K.E_f)_2$

$1470 + 0 = 0 + \left(\frac{1}{2} \times 5 \times (v_f)_2^2\right) \quad , \quad (v_f)_2 = \mathbf{24.25\ m/s}$



قُذف جسم من نقطة عند سطح الأرض إلى أعلى بسرعة 10 m/s ، مستخدمًا معادلات الشغل والطاقة، **احسب** أقصى ارتفاع يصل إليه. (علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$)

الحـــل

$v_i = 10\ m/s$	$g = 10\ m/s^2$	$h = ?$

$K.E_{(\text{عند سطح الأرض})} = P.E_{(\text{عند أقصى ارتفاع})}$

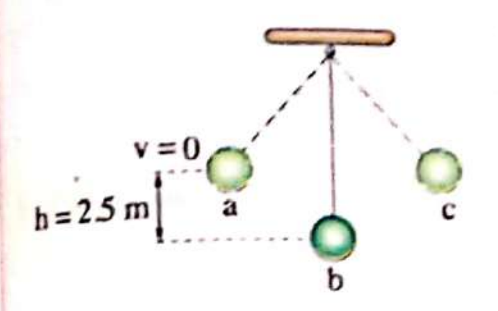
$\frac{1}{2}\, mv_i^2 = mgh$

$\frac{1}{2} \times (10)^2 = 10 \times h \quad , \quad h = \mathbf{5\ m}$





مثــال (٣)



يبين الشـــكل المقابل كرة معلقة بخيط تتأرجح بشكل حر فى مستوى محدد، فإذا كانت كتلة الكرة 4 kg ومقاومة الهــواء مهملة، **فما** أقصى ســرعة تبلغهــا الكرة أثناء تأرجحها ؟ (علمًا بأن : $g = 9.8\ m/s^2$).

الحـــل

$m = 4\ kg$	$v_a = 0$	$h = 2.5\ m$	$g = 9.8\ m/s^2$	$v_{max} = ?$

أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها يكون عند النقطة b، وبتطبيق قانون بقاء الطاقة عند النقطتين a ، b

$$(P.E)_a + (K.E)_a = (P.E)_b + (K.E)_b$$

$$mgh + 0 = 0 + \frac{1}{2} mv_b^2$$

$$gh = \frac{1}{2} v_{max}^2$$

$$v_{max} = \sqrt{2\ gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 2.5} = 7\ m/s$$

اختبر نفسك

هل يمكن لكرة تســقط ســقوطًا حرًا من ارتفاع ما باتجاه ســطح الأرض أن ترتد لتصل إلى مستوى أعلى من ارتفاعها الأصلى ؟ **وضح إجابتك.**

....

....

....

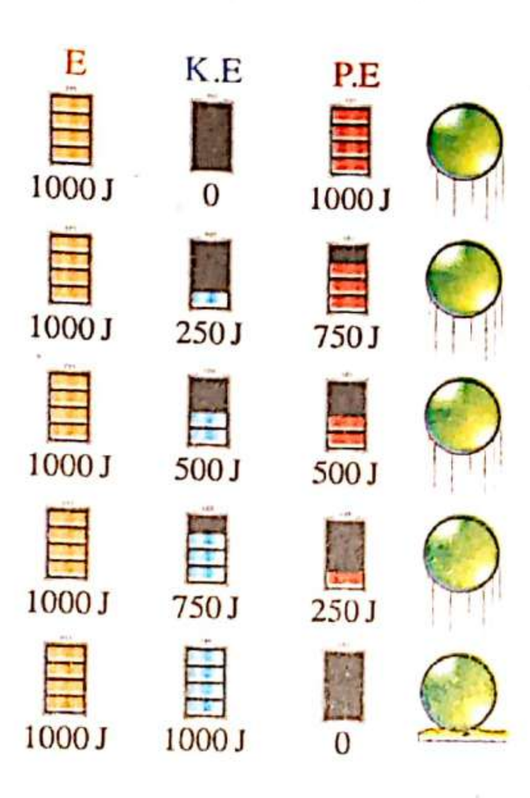




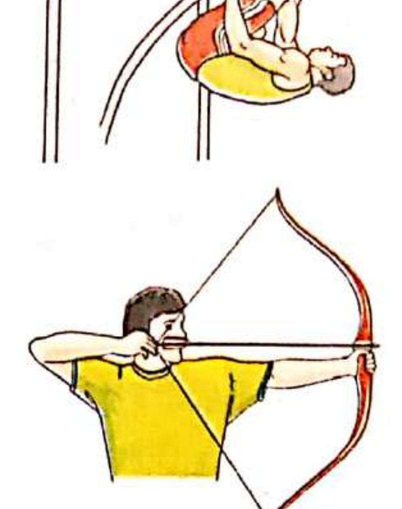
قانون بقاء الطاقة فى الحياة العملية

- توجد أمثلة كثيرة للتحول المتبادل بين طاقة الوضع (P.E) وطاقة الحركة (K.E)، منها :

(١) قذف جسم (كرة) لأعلى :

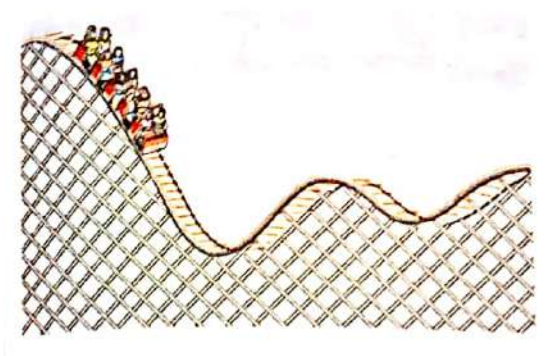


- عندما نقذف كرة لأعلى من مستوى معين تكون طاقة وضعها صفر وطاقة حركتها نهاية عظمى.
- عندما تبدأ الكرة فى الحركة لأعلى تزداد طاقة وضعها تدريجيًا وتقل طاقة حركتها بنفس المقدار ويستمر ذلك حتى تصل الكرة لأقصى ارتفاع لها فتكون طاقة الحركة صفر وطاقة الوضع نهاية عظمى.
- عندما تبدأ الكرة فى العودة إلى الأرض تزداد طاقة الحركة وتقل طاقة الوضع تدريجيًا حتى تصل إلى سطح الأرض مرة أخرى فتكون طاقة الوضع صفر وطاقة الحركة نهاية عظمى.

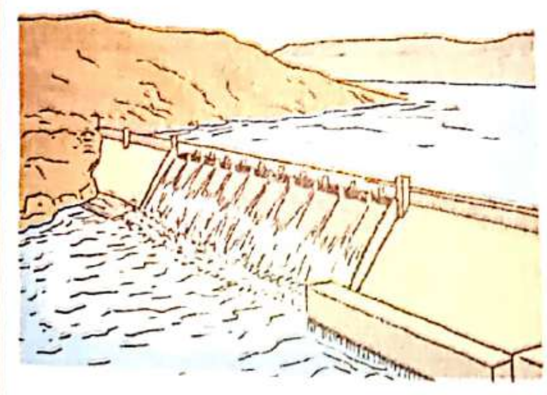


(٢) الوثب العالى فى ألعاب القوى، حيث تُختزن طاقة الوضع فى الزانة أثناء الوثبة وتتحول إلى طاقة حركة.

(٣) قذف السهم من القوس، حيث تُخزن طاقة الوضع فى وتر مشدود وتتحول إلى طاقة حركة عند تركه حرًا.



(٤) عربة الملاهى، تستخدم محرك ضخم لسحب العربات إلى قمة المرتفع فتختزن قدرًا كبيرًا من طاقة الوضع لأن المحرك استخدم الطاقة عكس الجاذبية لرفع العربة والأشخاص داخلها، وعندما تصل عربات القطار إلى قمة المنحنى وتنخفض ثانيةً فإن طاقة الوضع تتحول إلى طاقة حركة تدريجيًا وبإهمال قوى الاحتكاك يظل مجموع الطاقتين ثابتًا، ولذلك يجب أن يكون المرتفع الأول هو الأعلى لتخزين أكبر قدر ممكن من طاقة الوضع فى العربات.



(٥) الماء الراكد خلف السد، حيث يختزن طاقة وضع تتحول إلى طاقة حركة عندما تسحب قوة الجاذبية الأرضية الماء عبر السد.

(٦) البنزين المستقر فى خزان وقود السيارة، حيث يختزن طاقة وضع وعندما يندفع البنزين فى الأسطوانة ويحترق ليحرك المكابس لأعلى وأسفل فإن طاقة الوضع تتحول إلى طاقة حركة.



تجربة عملية 6 قانون بقاء الطاقة

الغرض من التجربة • إثبات قانون بقاء الطاقة الميكانيكية.

الأدوات
• كرة تنس. • شريط لاصق. • شريط مترى.
• ميزان رقمى. • ساعة إيقاف.

الخطوات

(١) عيِّن كتلة كرة التنس بالجرام باستخدام الميزان الرقمى ثم حولها إلى الكيلوجرام.

(٢) الصق قطع شريط لاصق على الحائط على ارتفاعات مختلفة (2.5 m ، 2 m ، 1 m) على الترتيب.

(٣) اسقط كرة التنس من أول ارتفاع وعيِّن الزمن اللازم لوصولها لسطح الأرض.



(٤) كرر المحاولة السابقة عدة مرات.

(٥) كرر الخطوتين (٣) ، (٤) للارتفاعات الأخرى (2 m , 2.5 m) مع تسجيل النتائج في الجدول التالى :

الارتفاع (h)	الزمن (t)			متوسط الزمن
	المحاولة الأولى	المحاولة الثانية	المحاولة الثالثة	
1 m	....	....	....	....
2 m	....	....	....	....
2.5 m	....	....	....	....

(٦) احسب طاقة الوضع عند كل ارتفاع من العلاقة : $P.E = mgh$ (علمًا بأن : $g = 9.8\ m/s^2$).

(٧) احسب السرعة النهائية (v_f) للكرة لحظة اصطدامها بالأرض باستخدام المعادلة الأولى للحركة : $v_f = v_i + gt$

حيث : $v_i = 0$ لأن الكرة سقطت من سكون.

(٨) احسب طاقة حركة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض من العلاقة : $K.E = \frac{1}{2} mv_f^2$

(٩) سجل النتائج السابقة فى الجدول التالى :

الارتفاع (h)	طاقة الوضع (P.E)	طاقة الحركة (K.E)
1 m	....	....
2 m	....	....
2.5 m	....	....



• بزيادة الارتفاع تزداد طاقة الوضع.

• طاقة الوضع عند أقصى ارتفاع = طاقة الحركة عند سطح الأرض = الطاقة الميكانيكية.

أى أن :

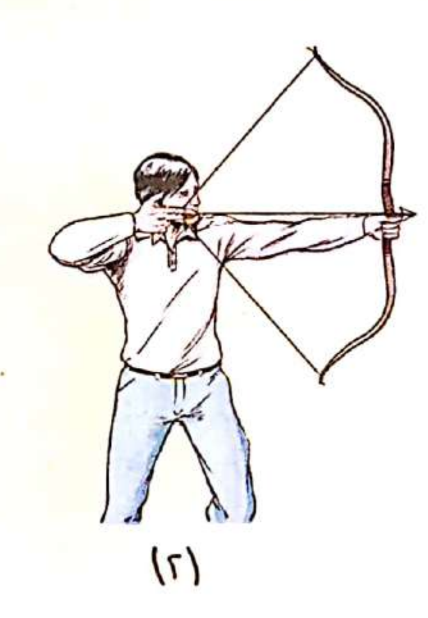
الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة = مقدار ثابت

اختبر نفسك

أى السهمين ينطلق بسرعة أكبر لحظة انطلاقه ؟



(١)



(٢)

....

....

....

أسئلة

الفصل 2

مجاب عنها

الأسئلة المشار إليها بالعلامة تقيس مستويات التفكير العميقة

أولًا أسئلة الاختيار من متعدد

١ إذا قُذف جسم رأسيًا لأعلى، فأى الكميات الفيزيائية تساوى صفر عند أقصى ارتفاع ؟ ....

(أ) قوة الجاذبية الأرضية (ب) العجلة (جـ) طاقة الوضع (د) السرعة

٢ عند قذف جسم لأعلى ....

(أ) تزداد طاقة الحركة وتتناقص طاقة الوضع

(ب) تتناقص طاقة الحركة وتزداد طاقة الوضع

(جـ) تزداد كل من طاقتى الوضع والحركة

(د) تتناقص كل من طاقتى الوضع والحركة

٣ عندما يسقط جسم سقوطًا حرًا ....

(أ) تتناقص طاقة الوضع وتزداد طاقة الحركة

(ب) تزداد كل من طاقتى الوضع والحركة

(جـ) تتناقص كل من طاقتى الوضع والحركة

(د) تزداد طاقة الوضع وتتناقص طاقة الحركة

٤ عند قذف جسم لأعلى فإن طاقته الميكانيكية ....

(أ) تزداد (ب) لا تتغير

(جـ) تقل (د) لا يمكن تحديد الإجابة

٥ النسبة بين الطاقة الميكانيكية لجسم قُذفَ رأسيًا إلى أعلى وطاقة وضعه عند أقصى ارتفاع .... الواحد.

(أ) أكبر من (ب) أقل من

(جـ) تساوى (د) لا يمكن تحديد الإجابة

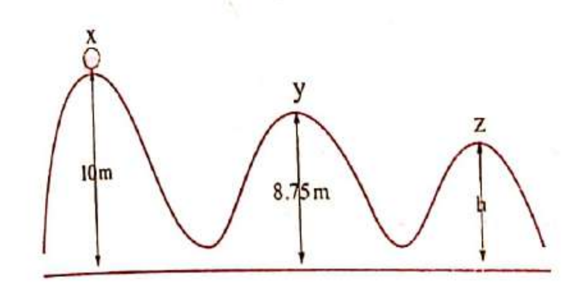
٦ سقط جسم كتلته m سقوطًا حرًا، فإذا كانت سرعته عند منتصف المسافة بين موضع سقوطه وسطح الأرض هى v، فإن الطاقة الميكانيكية له هى ....

(أ) $\frac{1}{4}$ mv^2 (ب) $\frac{1}{2}$ mv^2 (جـ) mv^2 (د) 2 mv^2

٧ جسم كتلته 12 kg يسقط سقوطًا حرًا، فإذا كانت طاقته الميكانيكية عند منتصف المسافة بين موضع سقوطه وسطح الأرض 150 J فإن سرعته لحظة اصطدامه بسطح الأرض تساوى ....

(أ) 5 m/s (ب) 25 m/s (جـ) 50 m/s (د) 100 m/s

٨ فى الشكل المقابل جسم ساكن كتلته 1 kg ينزلق على منحنى أملس مبتدءًا من النقطة x فإن : $(g = 10\ m/s^2)$



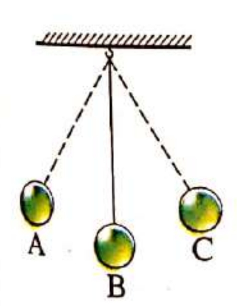
(١) سرعة الجسم عند النقطة y تساوى ....

(أ) 3 m/s (ب) 5 m/s (جـ) 6 m/s (د) 6.5 m/s

(٢) إذا وصل الجسم عند النقطة z بسرعة 7 m/s فيكون ارتفاع النقطة z عن سطح الأرض يساوى ....

(أ) 8.45 m (ب) 7.55 m (جـ) 7.25 m (د) 6.85 m

٩ الشكل المقابل يوضح بندول بسيط يتأرجح، فتكون ....



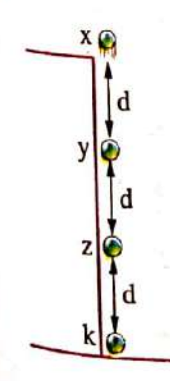
(أ) طاقة الحركة عند C قيمة عظمى

(ب) الطاقة الميكانيكية عند A < الطاقة الميكانيكية عند B

(جـ) طاقة الوضع عند A قيمة عظمى

(د) طاقة الوضع عند C < طاقة الوضع عند A

١٠ فى الشكل الموضح يسقط جسم من أعلى مبنى ارتفاعه 3 d، فتكون ....



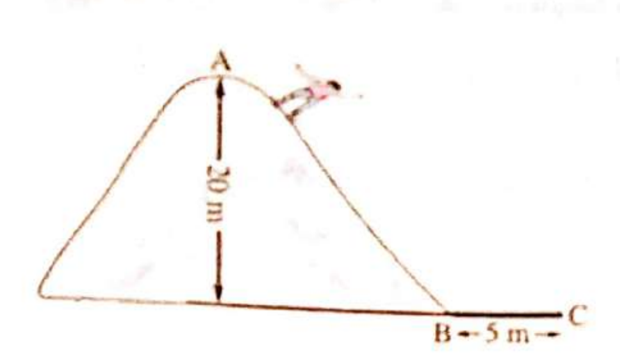
(أ) طاقة الوضع عند x = طاقة الحركة عند y

(ب) طاقة الوضع عند y < طاقة الحركة عند k

(جـ) طاقة الحركة عند z = طاقة الوضع عند y

(د) طاقة الوضع عند x < طاقة الحركة عند k

٢٠ الشكل المقابل يوضح مسار متزلج كتلته 80 kg ينزلق بدءًا من السكون من النقطة A أعلى المنحدر. فإذا كان المسار من النقطة A إلى النقطة B أملس والمسار من النقطة B إلى النقطة C خشن. فإن متوسط قوة الاحتكاك اللازمة لإيقاف المتزلج عند النقطة C يساوى



$(g = 10\ m/s^2)$

(أ) $-1600\ N$ (ب) $-2400\ N$ (جـ) $-3200\ N$ (د) $-4000\ N$

ثانيًا أسئلة المقال

١ انزلقت كرة من أعلى سطح مائل عديم الاحتكاك. فهل تزداد طاقة حركتها أثناء انزلاقها ؟ فسر إجابتك.

٢ عند تصميم مهندس لعبة القطار فى الملاهى قام بتصميم المرتفع الأول ليكون أعلى المرتفعات، فسر لماذا قام بذلك.

٣ يسكن وليد ومروان فى مبنى. فإذا قام وليد بإسقاط كرة من الدور الثانى بينما قام مروان بإسقاط كرة أخرى من الدور الثالث فسقطت الكرتان سقوطًا حرًا نحو سطح الأرض.
أى منهما تصل كرته إلى سطح الأرض بسرعة أكبر ؟
فسر إجابتك فى ضوء مفهومى طاقة الوضع وطاقة الحركة.





٤ جسم كتلته 4 kg يسقط سقوطاً حرًا من ارتفاع 20 m فوق سطح الأرض، أكمل الفراغات الموجودة بالجدول التالى معتبرًا عجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$ مع إهمال مقاومة الهواء :

النقطة	الإزاحة من نقطة السقوط (m)	طاقة الوضع (J)	السرعة (m/s)	طاقة الحركة (J)	الطاقة الميكانيكية (J)
(١)	0	....	....	....	....
(٢)	....	....	5	....	....
(٣)	....	400	....	....	....
(٤)	....	....	....	800	....

من النتائج التى توصلت إليها، حدد موضع النقطة أثناء السقوط التى تكون عندها :

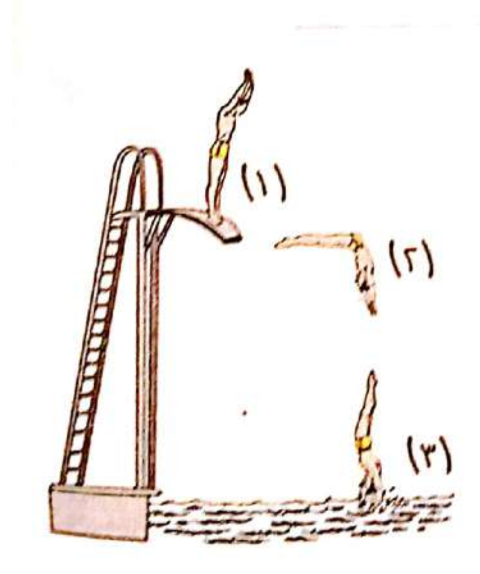
(١) الطاقة الميكانيكية للجسم مساوية لطاقة حركته.

(٢) الطاقة الميكانيكية للجسم مساوية لطاقة الوضع له.

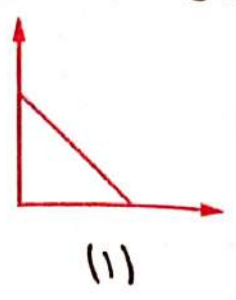
(٣) طاقة الحركة للجسم مساوية لطاقة الوضع.

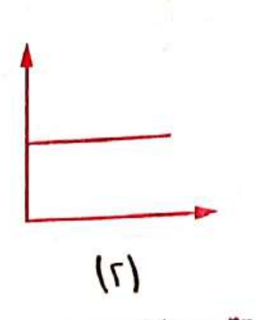
٥ فى الشكل المقابل :

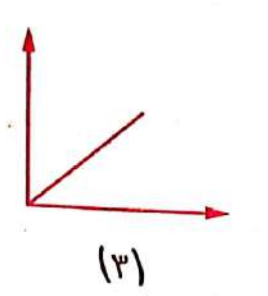
عند أى المواضع تكون طاقة الحركة للرجل أكبر ما يمكن ؟ مع التعليل.



٦ قُذف جسم رأسيًا إلى أعلى، ولديك ثلاثة أشكال بيانية (١) ، (٢) ، (٣) للتعبير عن العلاقة بين بعض الكميات الفيزيائية له،


(١)


(٢)


(٣)

حدد أيها يصلح للتعبير عن العلاقة بين كل من :

(١) طاقة الوضع وارتفاع الجسم عن سطح الأرض.

(٢) طاقة الحركة وارتفاع الجسم عن سطح الأرض.

(٣) الطاقة الميكانيكية وارتفاع الجسم عن سطح الأرض.

٧ عندما تبدأ عربة الملاهى فى الانزلاق من أقصى ارتفاع فإن سرعة حركتها تزداد تدريجيًا، فسر ذلك.

٨ الشكل المقابل يوضح العلاقة البيانية للتغير فى طاقتى الوضع والحركة لجسم ما بمرور الزمن :

E(J)

A

B

t(s)

(١) هل يمكن أن يكون هذا الشكل خاص بجسم مقذوف رأسيًا لأعلى ؟ فسر إجابتك.

(٢) اذكر ما تمثله المنحنيات الموضحة.

(٣) انقل الرسم فى كراسة إجابتك، وقم بإضافة خط إلى الرسم يوضح التغير فى الطاقة الميكانيكية للجسم.

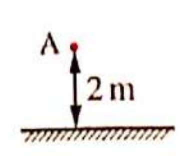
ثالثًا المسائل



١ قُذف جسم إلى أعلى بسرعة 40 m/s إذا كانت طاقة وضعه عند أقصى ارتفاع هى 4000 J، احسب كتلته. **[5 kg]**



٢ جسم كتلته 0.5 kg يسقط من ارتفاع 100 m سقوطًا حرًا، احسب الطاقة الميكانيكية بعد أن يقطع مسافة 20 m من بداية الحركة (علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$). **[500 J]**



٣ في الشكل المقابل جسم كتلته 10 kg يسقط سقوطًا حرًا، فإذا كانت طاقتــه الميكانيكية عند النقطة B هي 800 J، احسب طاقة حركته عند النقطة A

(علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$)

[600 J]



٤ قُذف جســم رأســيًا لأعلى من نقطة عند ســطح الأرض لتصل سرعته إلى الصفــر عند ارتفاع 8 m، والجدول التالــى يوضح العلاقة بين طاقة وضع الجسم (P.E) وارتفاعه عن سطح الأرض (h) :

P.E (J)	30	a	90	150	180	210	240
h (m)	1	2	3	b	6	7	8

(١) ارسم العلاقة البيانية بين (P.E) على المحور الرأسى، (h) على المحور الأفقى.

(٢) من الرسم أوجد :

(أ) قيمة كل من a ، b

(ب) كتلة الجسم إذا كانت $g = 10\ m/s^2$

(جـ) طاقة حركة الجسم عند ارتفاع 6 m

[60 J , 5 m , 3 kg , 60 J]

٥ سقط جسم كتلته m من ارتفاع 18 m فوق سطح الأرض فتغير كل من سرعته وطاقة حركته أثناء ســقوطه، الجدول التالى يوضح العلاقة بين طاقة حركة الجســم (K.E) وســرعته أثناء السقوط (v) :

K.E (J)	1	4	9	16	25	36
v (m/s)	1	2	3	4	5	6

(١) ارســم العلاقة البيانية بين طاقة الحركة (K.E) على المحور الرأسى، مربع السرعة (v^2) على المحور الأفقى.

(٢) من الرسم أوجد :

(أ) كتلة الجسم.

(ب) الطاقة الميكانيكية للجسم.

(جـ) طاقة حركة الجسم عند ارتفاع 10 m

(علمًا بأن : عجلة الجاذبية الأرضية = $10\ m/s^2$)

[2 kg , 360 J , 160 J]

؟

٦ قُذفت كرة رأسيًا لأعلى فكانت سرعتها 3 m/s عند ارتفاع 4 m. فما مقدار الشغل المبذول لقذف الكرة إذا كانت كتلتها 0.5 kg وعجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$ ؟

[22.25 J]

٧ احسب الشغل الذى يبذله رجل لرفع صندوق كتلته 50 kg إلى ارتفاع 20 m. وإذا سقط منه الصندوق. فما سرعة ارتطامه بالأرض ؟

$(g = 9.8\ m/s^2)$

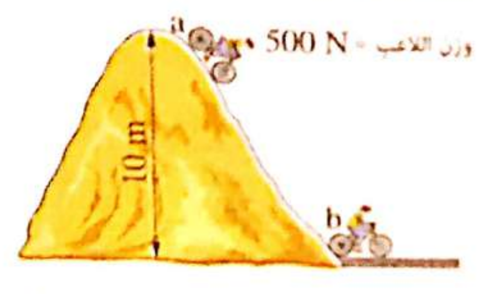
[9800 J , 19.8 m/s]

٨ باستخدام الشكل المقابل، أوجد كل من :

(١) طاقة وضع اللاعب عند النقطة a

(٢) طاقة وضع اللاعب عند النقطة b

(٣) طاقة اللاعب الكلية عند النقطة b



[5000 J , 0 , 5000 J]

٩ جسم كتلته 5 kg يسقط من ارتفاع 10 m عن سطح الأرض،

احسب طاقة الحركة له عندما يصبح على ارتفاع 3 m من سطح الأرض.

(علمًا بأن : عجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$)

[350 J]

١٠ قُذف جسم كتلته 0.2 kg رأسيًا لأعلى بسرعة 20 m/s بإهمال مقاومة الهواء، احسب :

(١) أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم.

(٢) سرعة الجسم عند ارتفاع 10 m من سطح الأرض.

(علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$)

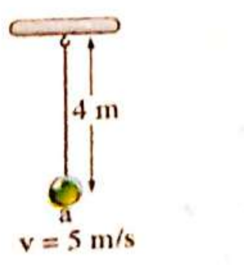
[20 m , 14.14 m/s]

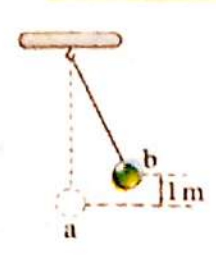
١١ باستخدام الشكلين المقابلين، احسب :

(١) سرعة الجسم عند النقطة (b).

(٢) أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم.

$(g = 9.8\ m/s^2)$





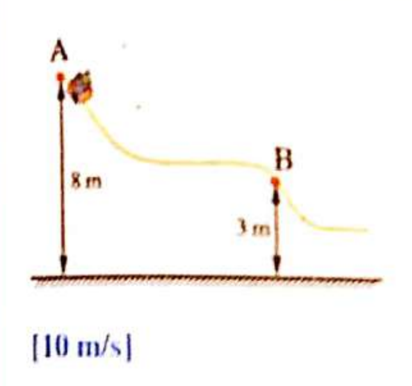
[2.32 m/s , 1.28 m]



١٢ جسمان كتلة الأول ثلاثة أمثال كتلة الثانى، سقطا فى لحظة واحدة وكان الارتفاع الذى سقط منه الجسم الأول $\frac{1}{3}$ الارتفاع الذى سقط منه الجسم الثانى،

أوجد النسبة بين طاقة حركة الجسم الأول وطاقة حركة الجسم الثانى لحظة وصولهما للأرض.

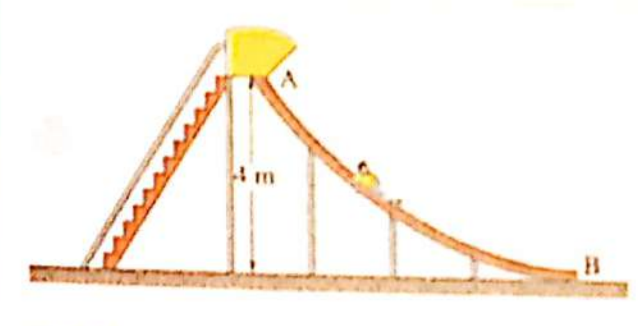
$[\frac{1}{1}]$



١٣ تبدأ عربة الملاهى حركتها من السكون عند النقطة A لتتحرك على القضبان كما هو مبين بالشكل، أوجد مقدار سرعة العربة عند النقطة B بفرض أن القضبان عديمة الاحتكاك.

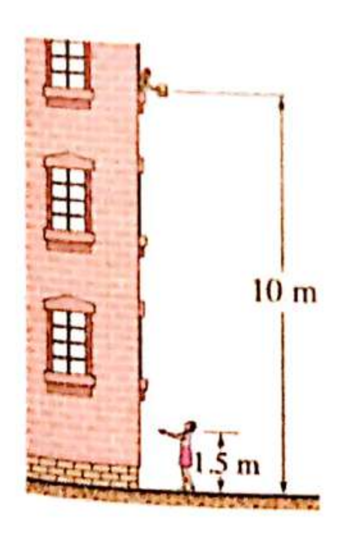
$(g = 10\ m/s^2)$

[10 m/s]



١٤ فى الشكل الموضح إذا انزلق طفل كتلته 25 kg من السكون عند النقطة A وكانت قيمة سرعته عند وصوله للنقطة B هى 6 m/s، احسب مقدار فقد الطاقة نتيجة الاحتكاك مع السطح (علمًا بأن : $g = 9.8\ m/s^2$).

[530 J]



١٥ فى الشكل الموضح يقوم شخص بإسقاط كتاب كتلته 2 kg من السكون رأسيًا، بإهمال قوة احتكاك الهواء، احسب :

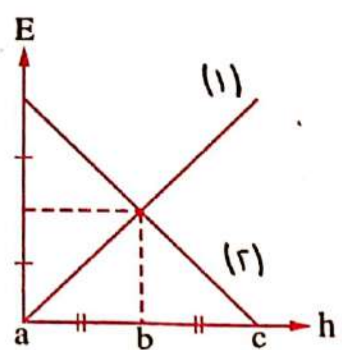
(١) الشغل الذى تبذله قوة الجاذبية الأرضية حتى يصل الكتاب ليدى الشخص الواقف أسفل المبنى.

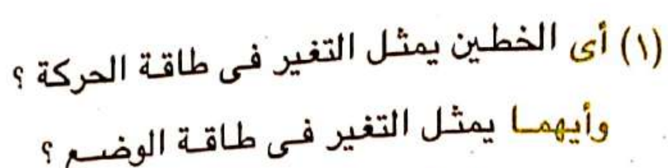
(٢) متوسط القوة التى تبذلها يدى الشخص الواقف أسفل المبنى على الكتاب إذا كان الكتاب سيفقد سرعته خلال 0.2 s عند وصوله ليديه.

(علمًا بأن : $g = 10\ m/s^2$)

[170 J ,−130.4 N]

١٦ الشكل المقابل يوضح العلاقة البيانية للتغير فى طاقة الوضع وطاقـة الحركـة لجسـم قُـذف رأسيًا لأعلى :



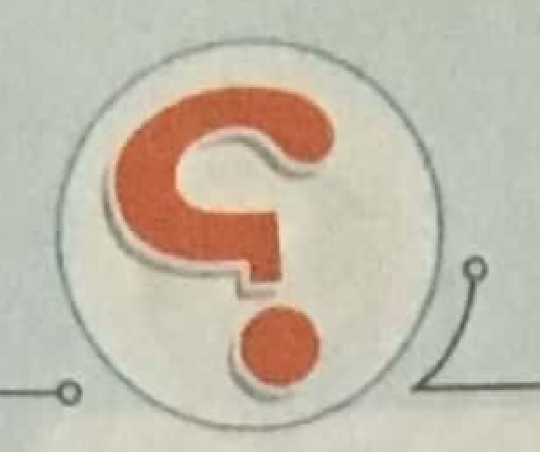


(١) أى الخطين يمثل التغير فى طاقة الحركة ؟
وأيهما يمثل التغير فى طاقة الوضع ؟

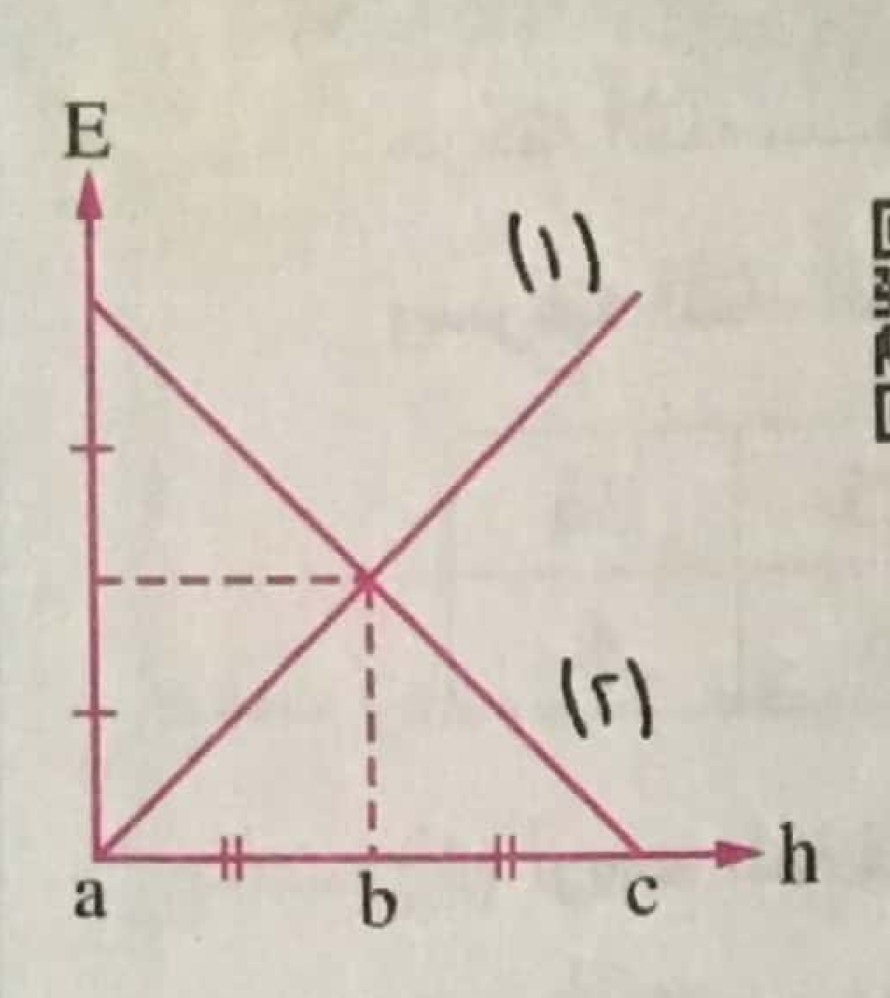
(٢) بفـرض أن أقصى ارتفاع للجسم موضع الدراسة 20 m وأن كتلته 10 kg وعجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$، حدد قيم الارتفاعات a ، b ، c، مع تحديد قيم طاقتى الوضع والحركة عند هذه الارتفاعات وكذلك قيمة الطاقة الميكانيكية.

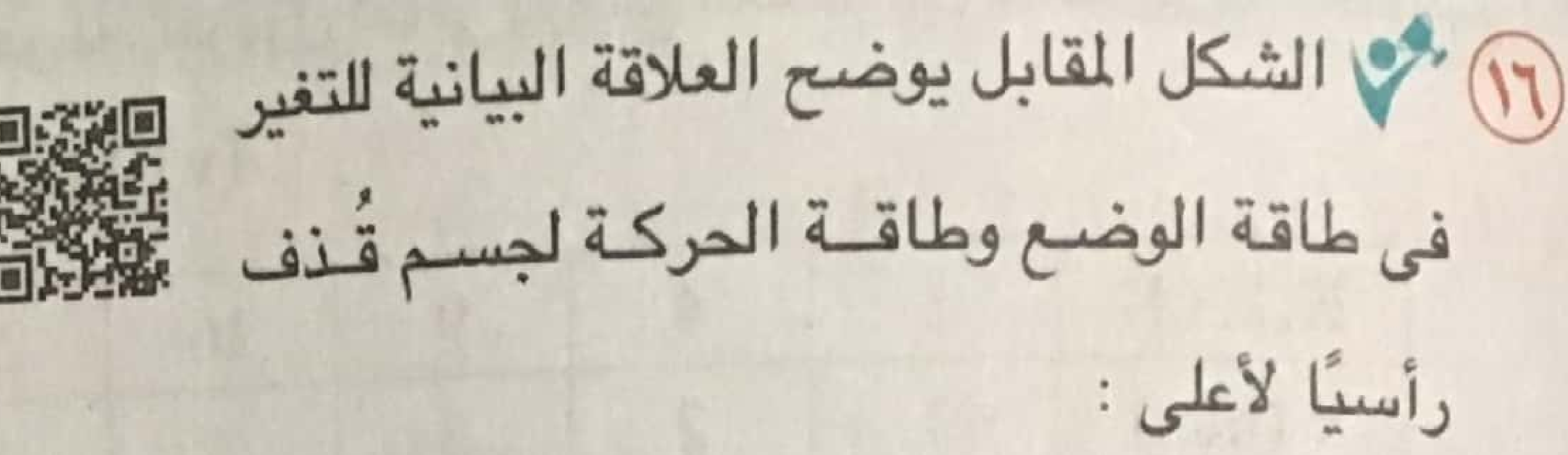
(٣) احسب سرعة الجسم عند a ، b ، c

[20 m , 2000 J , 0 , 10 m , 1000 J , 1000 J , 0 , 0 , 2000 J , 2000 J , 0 , 14.14 m/s , 20 m/s]



علاقات بيانية





⑯ الشكل المقابل يوضح العلاقة البيانية للتغير فى طاقة الوضع وطاقة الحركة لجسم قُذف رأسيًا لأعلى :

(أ) أى الخطين يمثل التغير فى طاقة الحركة ؟ وأيهما يمثل التغير فى طاقة الوضع ؟

(ب) بفرض أن أقصى ارتفاع للجسم موضع الدراسة 20 m وأن كتلته 10 kg وعجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$، حدد قيم الارتفاعات a ، b ، c، مع تحديد قيم طاقتى الوضع والحركة عند هذه الارتفاعات وكذلك قيمة الطاقة الميكانيكية.

(جـ) احسب سرعة الجسم عند a ، b ، c

[20 m , 2000 J , 0 , 10 m , 1000 J , 1000 J , 0 , 0 , 2000 J , 2000 J , 0 , 14.14 m/s , 20 m/s]



⑰ قُذف جسم رأسيًا لأعلى من نقطة عند سطح الأرض لتصل سرعته إلى الصفر عند ارتفاع 8 m، والجدول التالى يوضح العلاقة بين طاقة وضع الجسم (P.E) وارتفاعه عن سطح الأرض (h) :

P.E (J)	30	a	90	150	180	210	240
h (m)	1	2	3	b	6	7	8

(أ) ارسم العلاقة البيانية بين (P.E) على المحور الرأسى، (h) على المحور الأفقى.

(ب) من الرسم أوجد :

١- قيمة كل من a ، b

٢- كتلة الجسم إذا كانت $g = 10\ m/s^2$

٣- طاقة حركة الجسم عند ارتفاع 6 m

[60 J , 5 m , 3 kg , 60 J]

(١٨) سقط جسم كتلته m من ارتفاع 18 m فوق سطح الأرض فتغير كل من سرعته وطاقة حركته أثناء سـقوطه، الجدول التالى يوضح العلاقة بين طاقة حركة الجسـم (K.E) وسرعته أثناء السقوط (v) :

K.E (J)	1	4	9	16	25	36
v (m/s)	1	2	3	4	5	6

(أ) ارسم العلاقة البيانية بين طاقة الحركة (K.E) على المحور الرأسى، مربع السرعة (v^2) على المحور الأفقى.

(ب) من الرسم أوجد :

١- كتلة الجسم.

٢- الطاقة الميكانيكية للجسم.

٣- طاقة حركة الجسم عند ارتفاع 10 m

(علمًا بأن : عجلة الجاذبية الأرضية = $10\ m/s^2$)

[2 kg , 360 J , 160 J]

نموذج امتحان 2 على الفصل الثانى

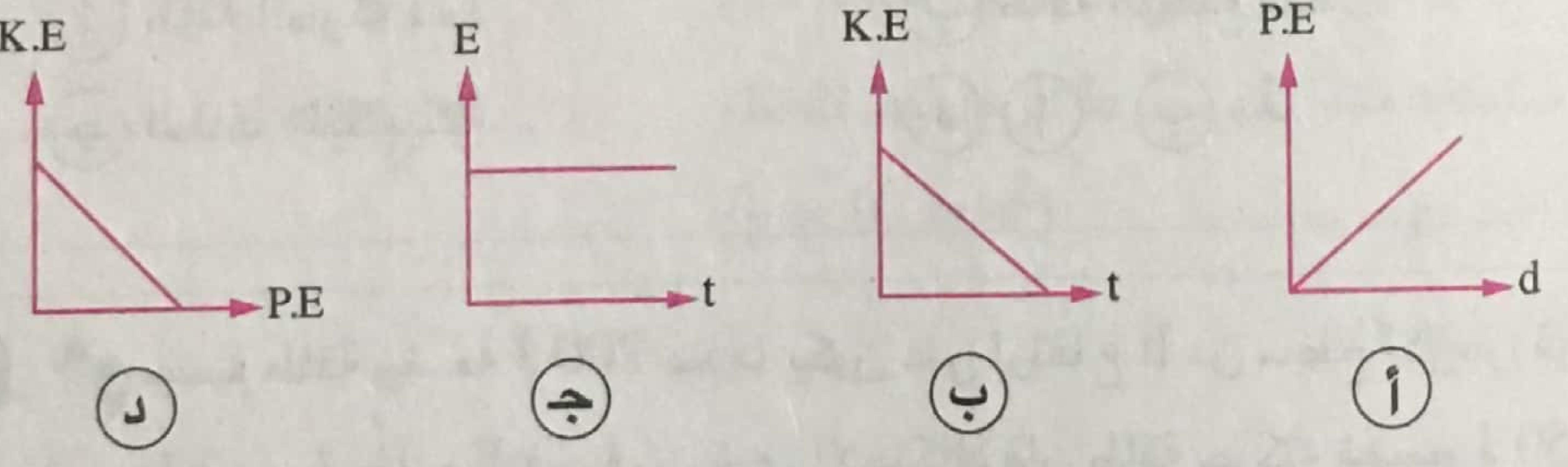


• **اختر الإجابة الصحيحة (١ : ١٠) :**

١ قذف جسم رأسيًا لأعلى بسرعة 20 m/s من سطح بناية ترتفع 15 m عن سطح الأرض، فإن طاقته الحركية تساوى طاقة وضعه على ارتفاع .... من سطح الأرض. $(g = 10 \, m/s^2)$

Ⓐ 7.5 m
ب 15 m
ج 17.5 m
د 35 m

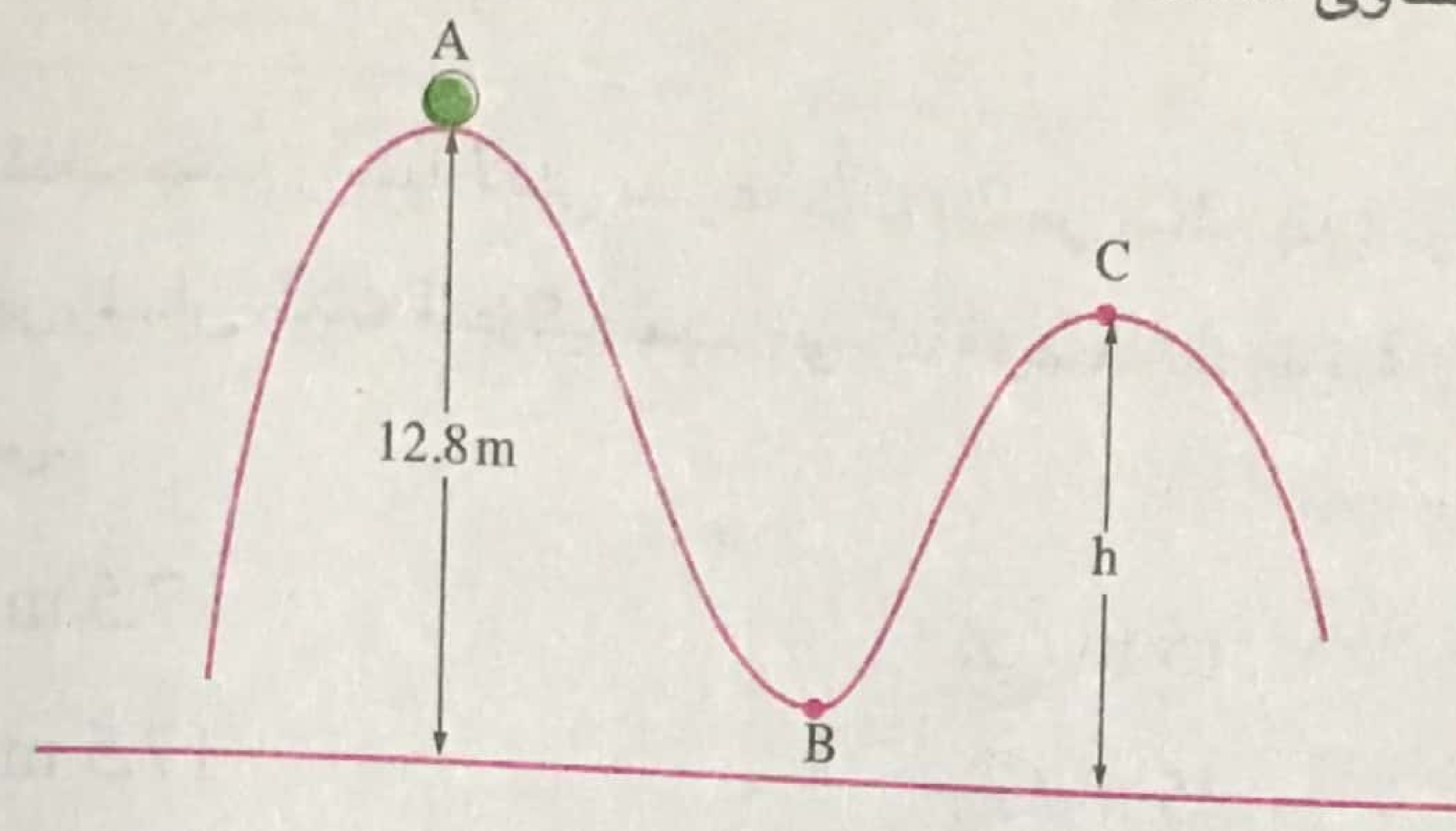
٢ أى من الأشكال البيانية التالية لا يعبر عن جسم مقذوف رأسيًا لأعلى حتى وصوله لأعلى نقطة ؟ ....



٣ إذا كانت طاقة وضع جسم عند سقوطه من أعلى مبنى 200 J، فإن طاقته الميكانيكية عند منتصف المبنى تساوى ....

أ 100 J
ب 200 J
ج 400 J
د لا يمكن تحديدها

٤ الشـــكل التالى يوضح كرة كتلتها 4 kg انزلقت من السكون من النقطة A على طريق أملس، فإذا كانت ســـرعة الكرة عند النقطة C هى 8 m/s، فإن ارتفاع النقطة C عن سطح الأرض يساوى .... $(g = 10\ m/s^2)$



(أ) 6.8 m (ب) 7.2 m (جـ) 8.8 m (د) 9.6 m

٥ قذف جسم لأعلى فإن الطاقة التى تتغير هى ....

(أ) طاقة الحركة فقط (ب) طاقة الوضع فقط

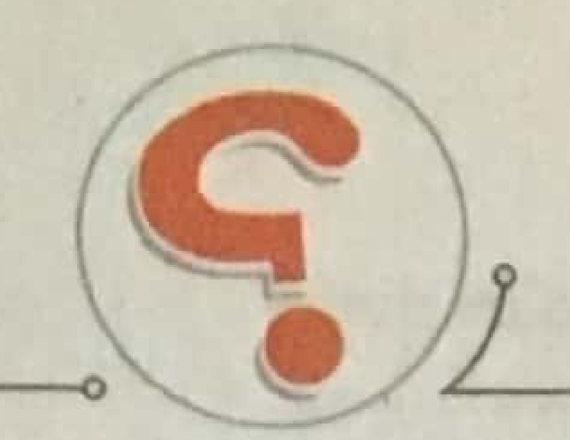
(جـ) الطاقة الميكانيكية (د) (أ) ، (ب) معًا

٦ جسم طاقة وضعه 200 J عندما يكون على ارتفاع h من سطح الأرض فإذا ترك ليســـقط ســـقوطًا حرًا فى غياب قوى الاحتكاك فإن طاقة حركته تصبح 50 J عندما يكون على ارتفاع من سطح الأرض قدره ....

(أ) $\frac{h}{4}$ (ب) $\frac{h}{2}$ (جـ) $\frac{3h}{4}$ (د) $\frac{4h}{5}$

٧ ســـيارة كتلتها 1200 kg وطاقة حركتها 8.82×10^4 J أوقف ســـائقها المحرك عند بداية مرتفع، فيكون أقصى ارتفاع تصل إليه الســـيارة (بإهمال الطاقة المفقودة نتيجة قوى الاحتكاك بين إطارات السيارة والمنحدر) هو .... $(g = 9.8\ m/s^2)$

(أ) 7.5 m (ب) 9.6 m (جـ) 12.4 m (د) 12.6 m



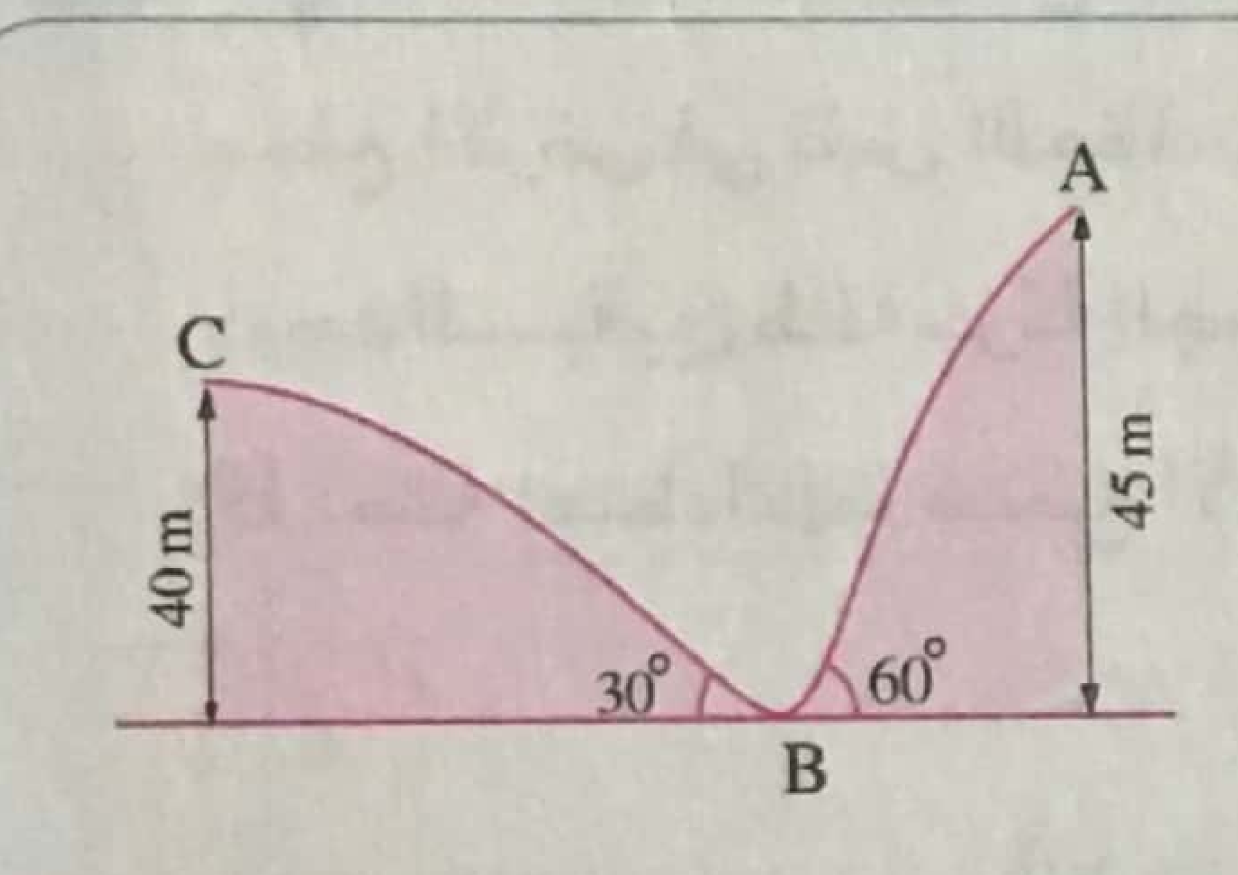
٨ يسقط جسم كتلته 19 kg سقوطًا حرًا من ارتفاع قدره 60 m فإن طاقة حركته عند منتصف مسافة السقوط تساوى .... $(g = 10\ m/s^2)$

أ 2850 J
ب 5700 J
جـ 8550 J
د 11400 J

٩ سـقطت كرة كتلتها 2 kg من ارتفاع h من سـطح الأرض، فإذا كانت سرعتها لحظة اصطدامها بسـطح الأرض 6.5 m/s، فإن الارتفاع الذى سـقطت منه الكرة حتى وصلت إلى سطح الأرض يساوى .... $(g = 9.8\ m/s^2)$

أ 1.24 m
ب 1.96 m
جـ 2.02 m
د 2.16 m

١٠ بـدأ رجل الانـزلاق من النقطة A واسـتمر فـى الحركة حتى وصل إلـى النقطة C كما هـو موضح فى الشـكل المقابل، فـإذا كان الاحتكاك مهمل فإن سرعة الرجل عند النقطة C تساوى .... $(g = 10\ m/s^2)$



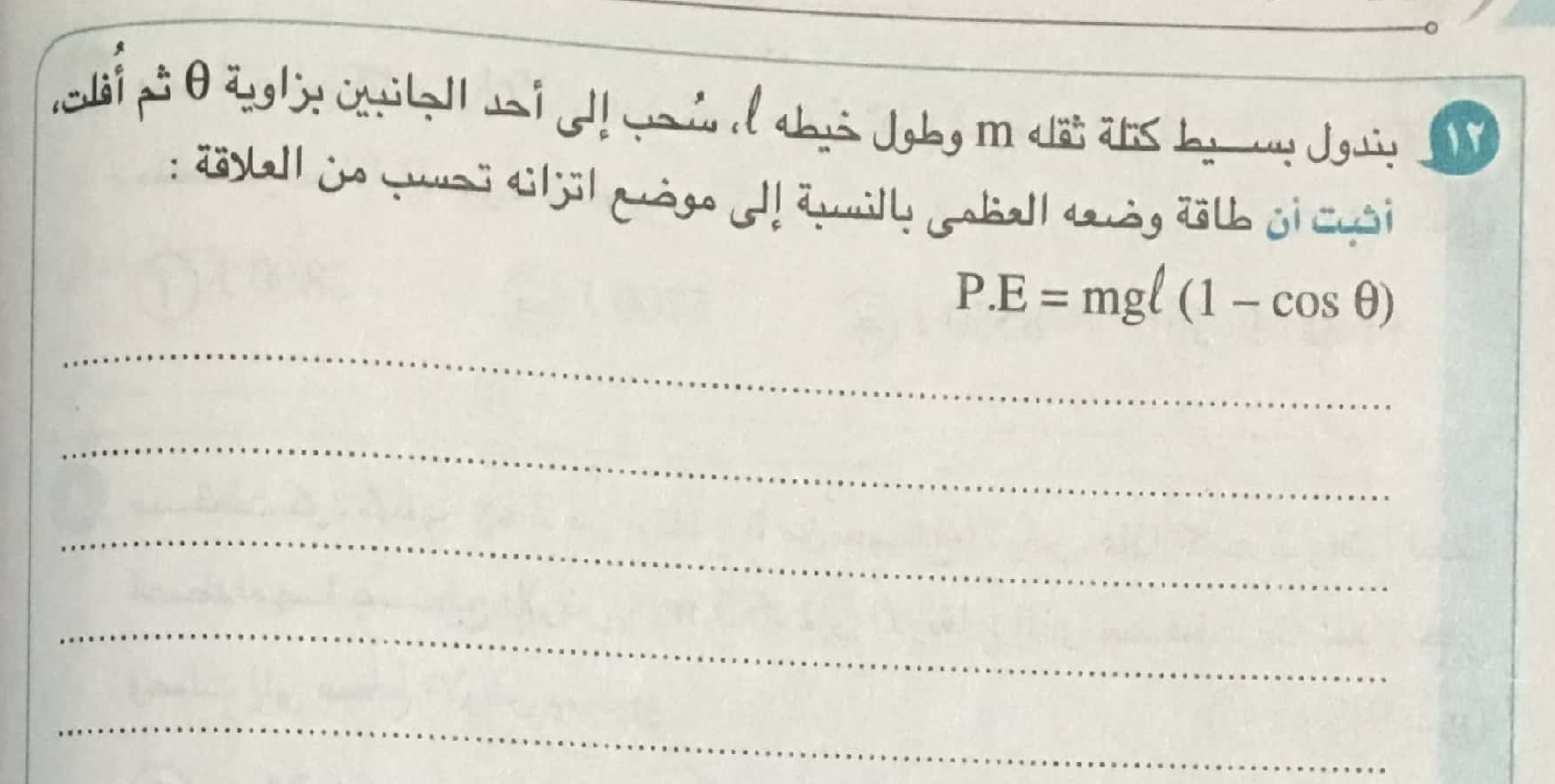
أ 10 m/s
ب 15 m/s
جـ 25 m/s
د 30 m/s

• **أجب عما يأتى (١١ : ١٧):**

١١ عند نزول سـيارة من أعلى كوبرى تزداد سرعتها بالرغم من عدم زيادة السائق لمعدل استهلاك البنزين، **فسر ذلك.**

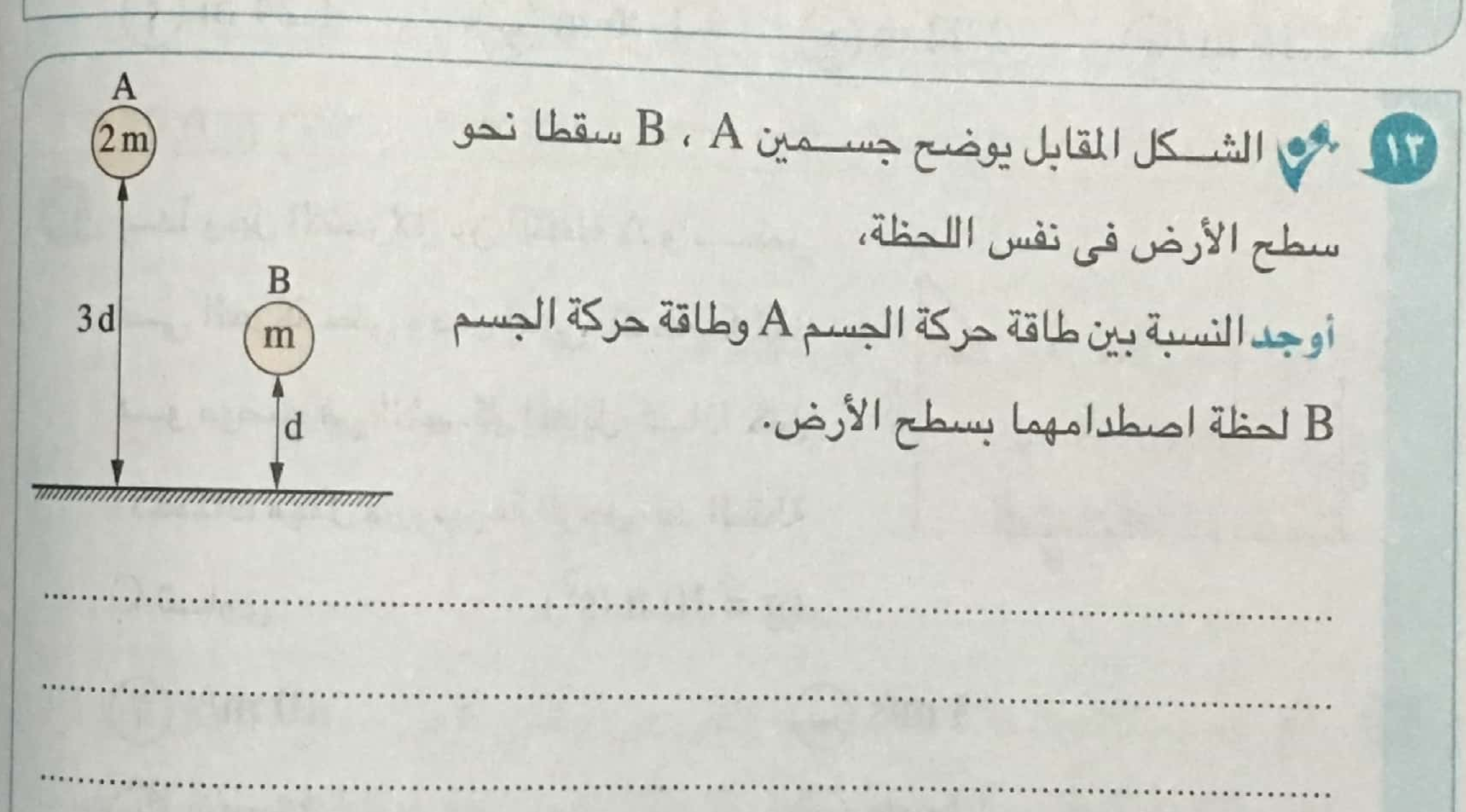
....

....

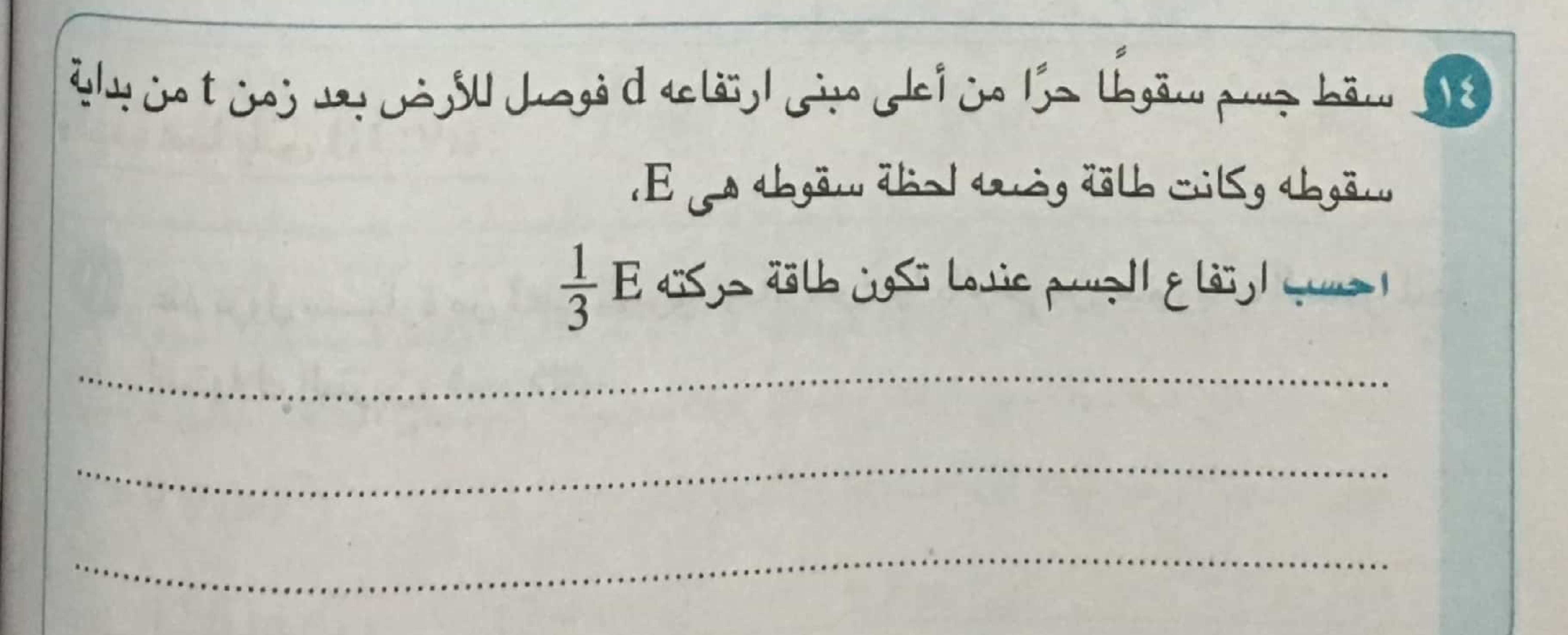


١٢ بندول بسـيط كتلة ثقله m وطول خيطه l، سُحب إلى أحد الجانبين بزاوية θ ثم أُفلت، **أثبت أن** طاقة وضعه العظمى بالنسبة إلى موضع اتزانه تحسب من العلاقة :

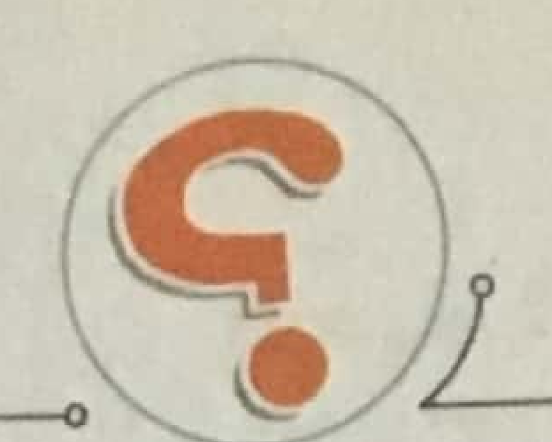
$$P.E = mg\ell\,(1 - \cos\theta)$$



١٣ الشـكل المقابل يوضح جسـمين A ، B سقطا نحو سطح الأرض فى نفس اللحظة،
أوجد النسبة بين طاقة حركة الجسم A وطاقة حركة الجسم B لحظة اصطدامهما بسطح الأرض.

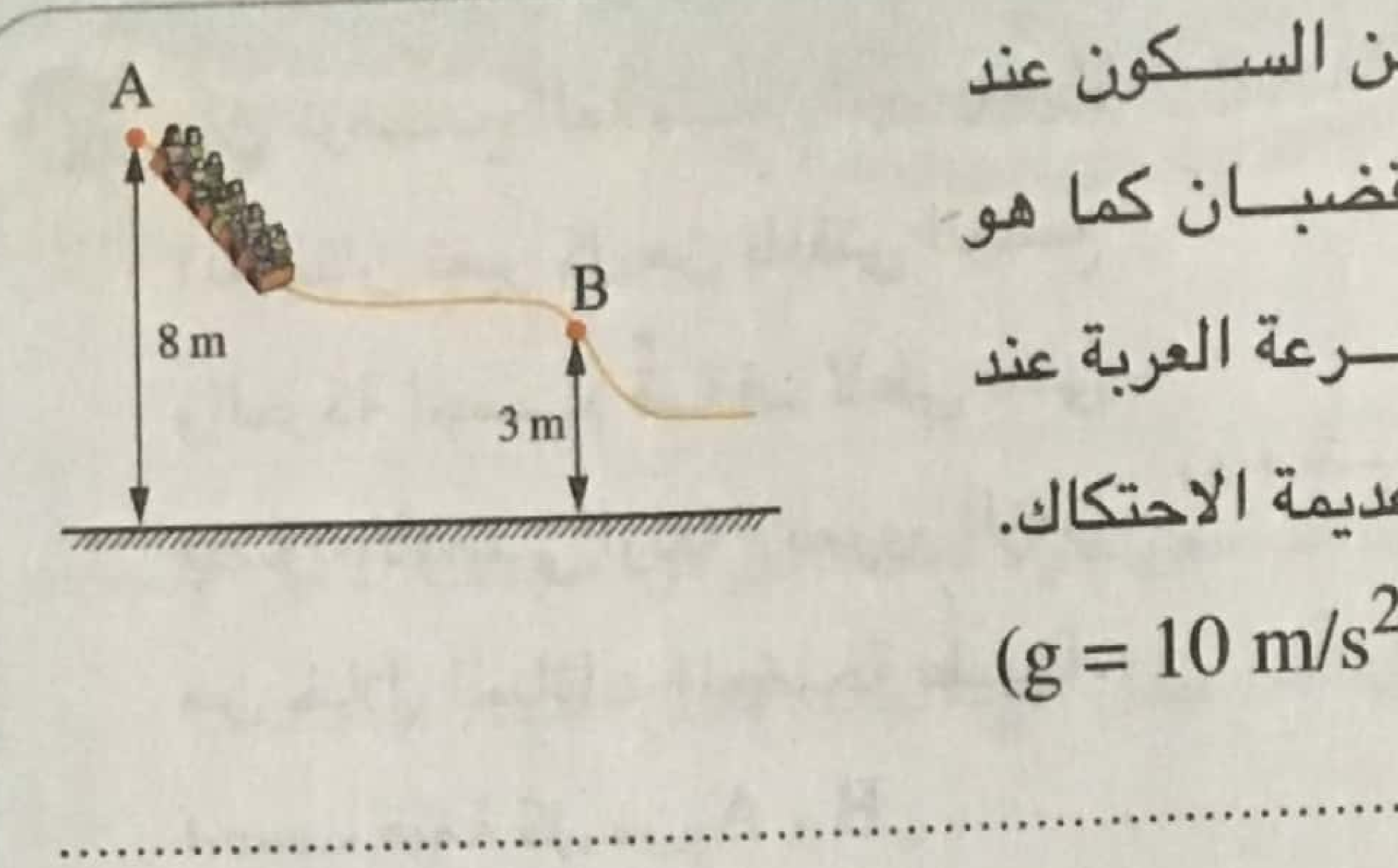


١٤ سقط جسم سقوطًا حرًا من أعلى مبنى ارتفاعه d فوصل للأرض بعد زمن t من بداية سقوطه وكانت طاقة وضعه لحظة سقوطه هى E،
احسب ارتفاع الجسم عندما تكون طاقة حركته $\frac{1}{3}E$



١٥ تبـدأ عربة الملاهـى حركتها من السـكون عند النقطـة A لتتحـرك علـى القضبـان كما هو مبين بالشـكل، **أوجد** مقدار سـرعة العربة عند النقطة B بفرض أن القضبان عديمة الاحتكاك.

$(g = 10\ m/s^2)$



....

....

....

....

....

....

....

١٦ فى الشكل الموضح جسم يسقط سقوطًا حرًا من فوق مبنى ارتفاعه l عن سطح الأرض، **أوجد** النسبة بين طاقة الحركة عند النقطة x وطاقة الحركة عند النقطة y

....

....

....

....

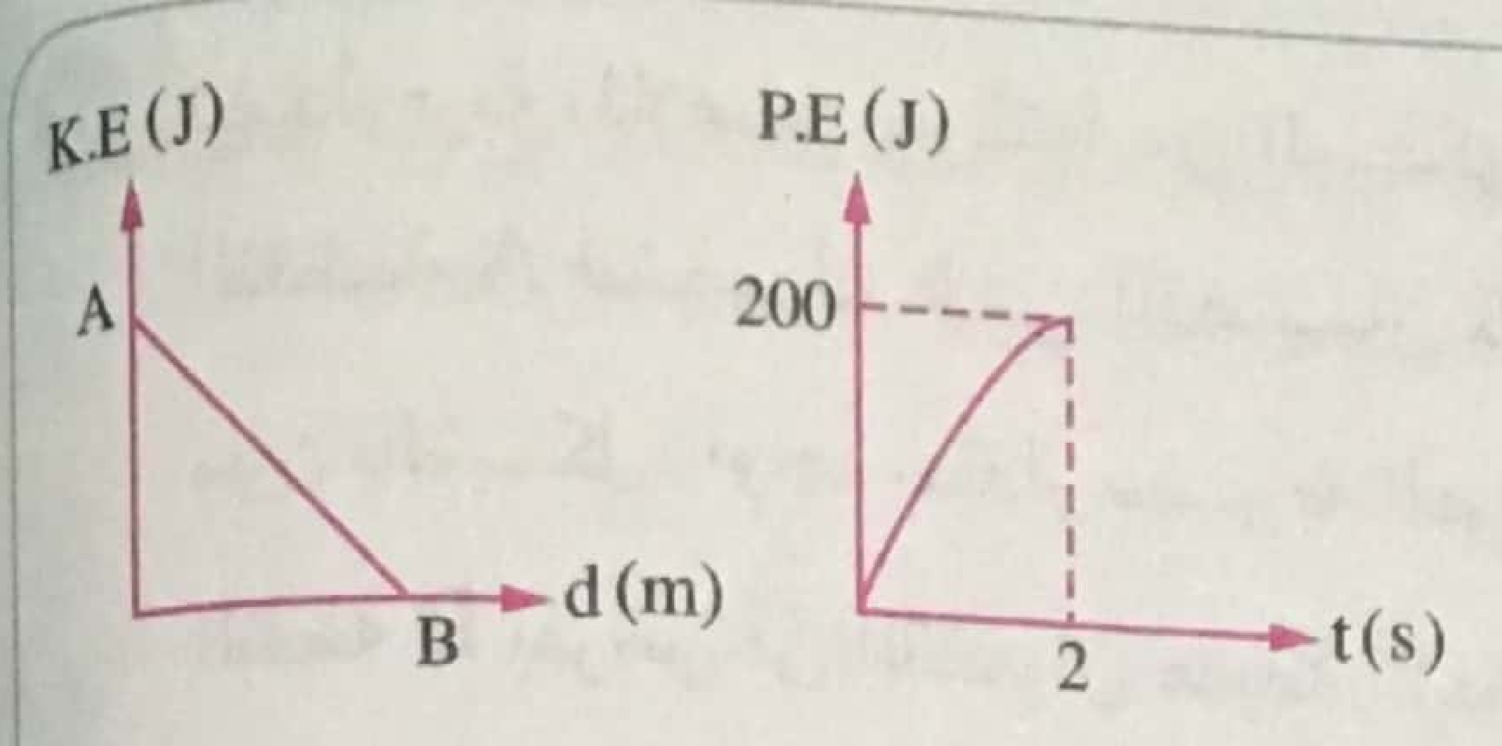
....

....

....

....

١٧ توضح العلاقتان البيانيتان المقابلتان تغير كل من طاقتى الوضع والحركة لجسم قُذف لأعلى حتى وصوله لأقصى ارتفاع بمرور الزمن من خلال البيانات الموضحة عليهما،



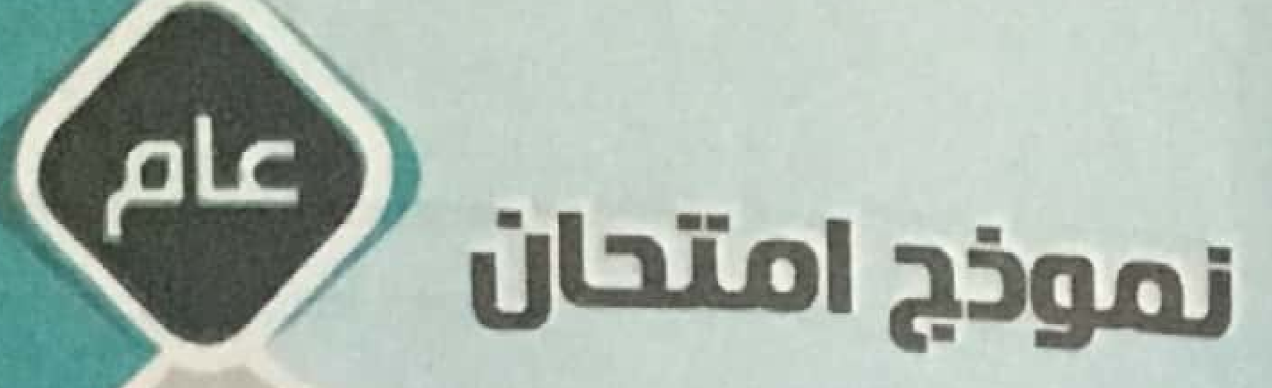
احسب قيمة كل من A ، B $(g = 10\ m/s^2)$

....

....

....

....

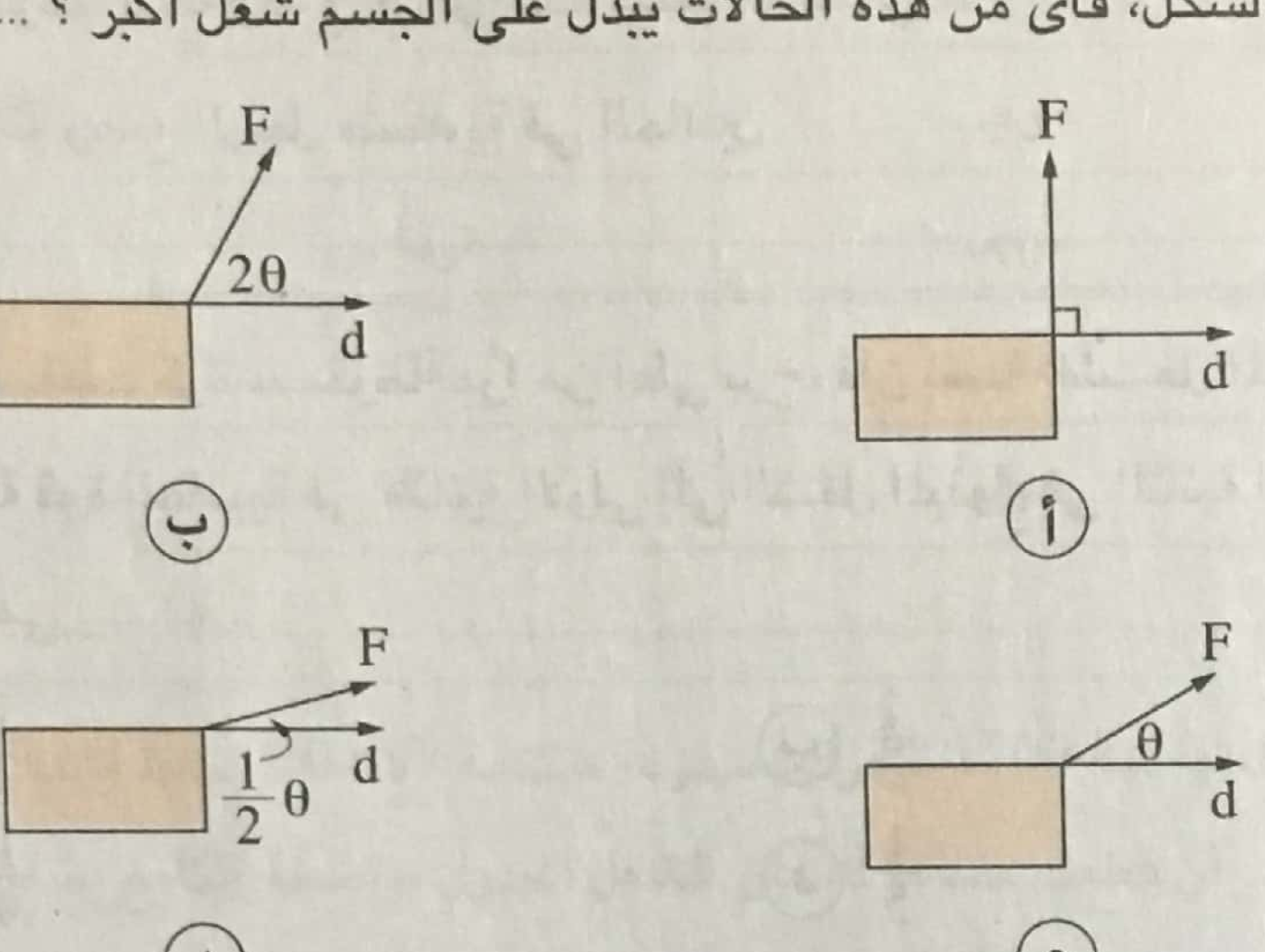


على الباب الرابع

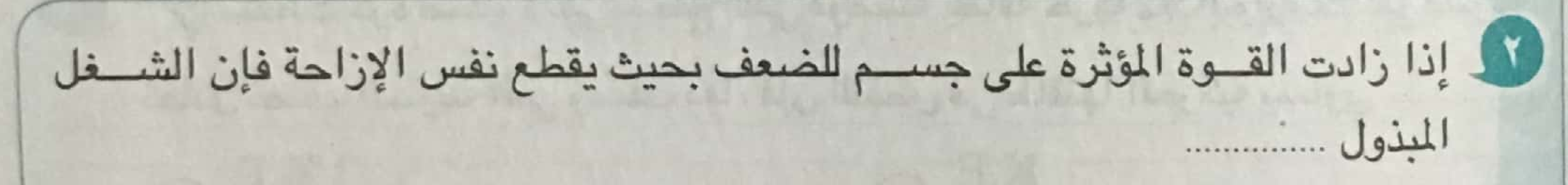


• اختر الإجابة الصحيحة (١ : ١٠) :

١ الأشكال التالية توضح أربعة حالات لجسم يتحرك تحت تأثير قوة محصلة F فى الاتجاه الموضح بالشكل، فأى من هذه الحالات يُبذل على الجسم شغل أكبر ؟ ....

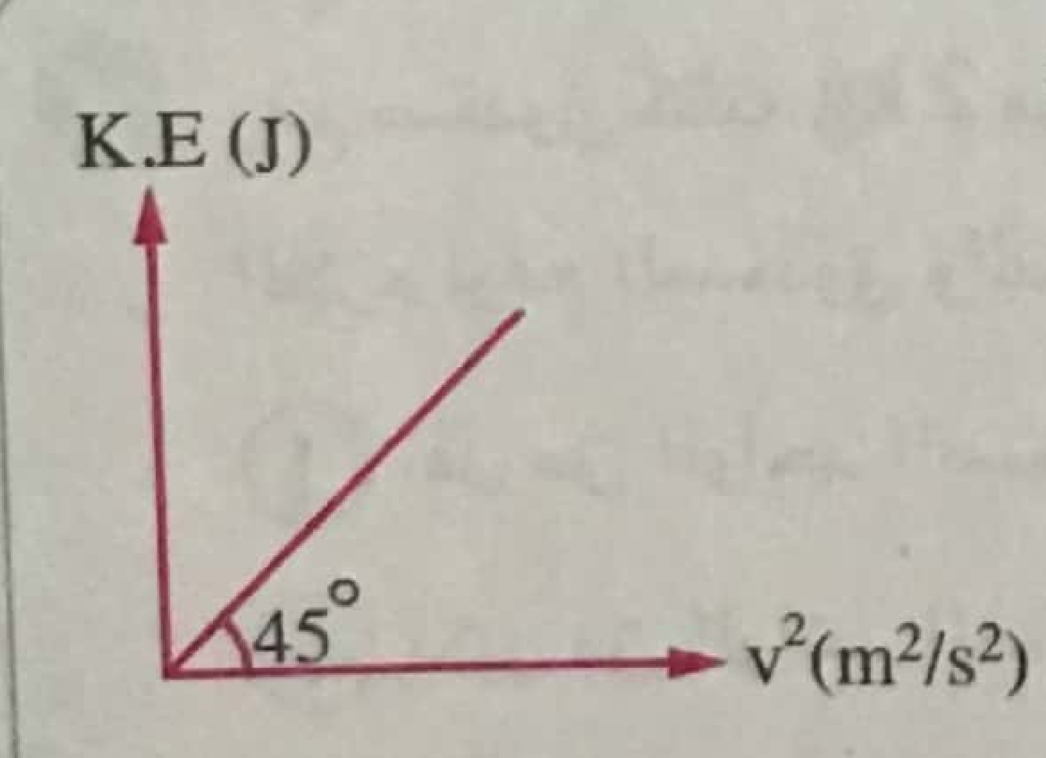


٢ إذا زادت القـوة المؤثرة على جسـم للضعف بحيث يقطع نفس الإزاحة فإن الشـغل المبذول ....



(أ) يزداد إلى أربعة أمثال
(ب) يقل للربع
(ج) يزداد للضعف
(د) يقل للنصف

٣ الرسـم البيانى المقابل يعبر عن العلاقة بين طاقة حركة جسـم ومربع سـرعته بنفس مقياس الرسـم، فتكون قيمة كتلة الجسم هى ....



(أ) 1 kg
(ب) 2 kg
(ج) 22.5 kg
(د) 45 kg

٤ وصل رجل إلى شـــقته صعودًا على الســـلم مرة، وباســـتخدام المصعد مرة ثانية، أى العبارات التالية صحيحة ؟ ....

(أ) طاقة وضع الرجل أكبر عند صعوده السلم

(ب) طاقة وضع الرجل أكبر عند استخدام المصعد

(جـ) لا توجد طاقة وضع للرجل عند استخدام المصعد

(د) طاقة وضع الرجل متساوية فى الحالتين

٥ ســـقطت كرة ســـقوطًا حرًا من أعلى برج، فإن نسبة الشـــغل المبذول على الكرة بواسطة قوة الجاذبية فى الثانية الأولى إلى الشغل المبذول فى الثانية الثانية من حركة الكرة هى ....

(أ) $\frac{1}{2}$ (ب) $\frac{1}{3}$

(جـ) $\frac{1}{4}$ (د) $\frac{1}{5}$

٦ سقطت كرة صغيرة على سطح أفقى فوصلته بطاقة حركة K.E وارتدت عنه بسرعة تعادل نصف السرعة التى وصلت بها، فإن النقص فى طاقتها الحركية يساوى ....

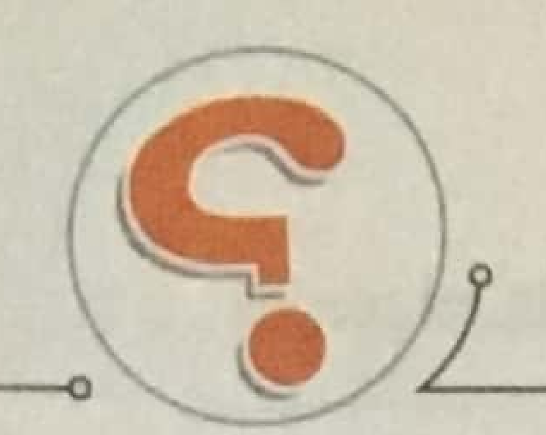
(أ) $\frac{3\ K.E}{4}$ (ب) $\frac{K.E}{2}$

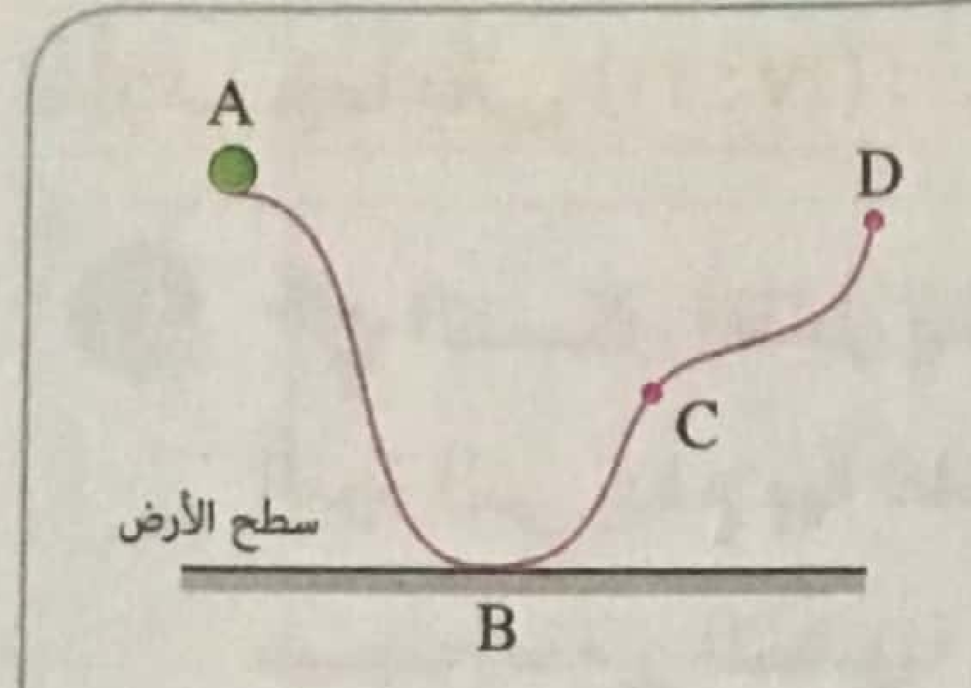
(جـ) $\frac{K.E}{4}$ (د) zero

٧ رفع صندوق كتلته 2 kg مســـافة رأســـية 1.2 m إلى أعلى، فإن النســـبة بين الشغل اللازم لرفع الصندوق والتغير فى طاقة وضع الصندوق ....

(أ) أقل من الواحد الصحيح (ب) تساوى الواحد الصحيح

(جـ) أكبر من الواحد الصحيح





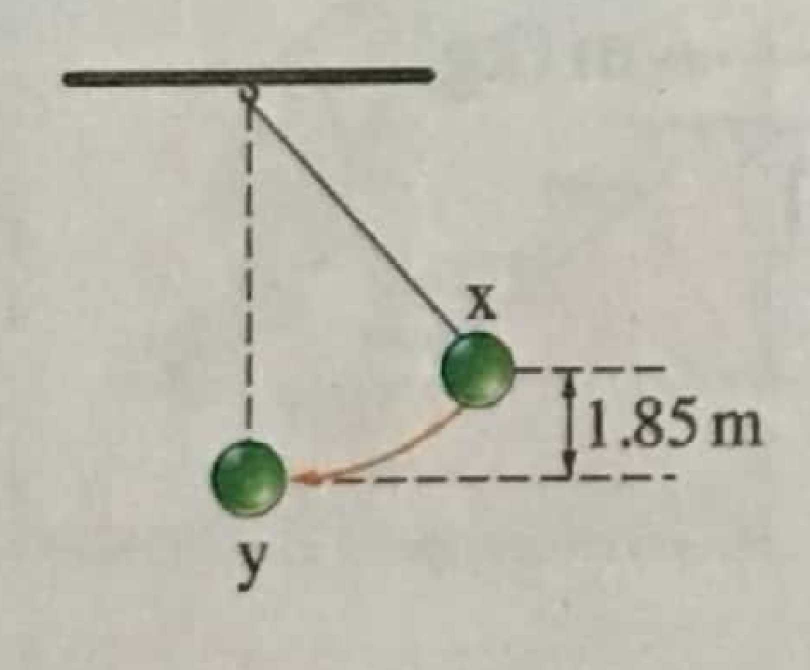
٨ في الشكل المقابل انزلق جسم على مسار متعرج مبتدئًا من الموضع A، فيكون خلال المرحلة BC ....

	الشغل المبذول على الجسم	طاقة وضع الجسم
أ	موجب	تقل
ب	موجب	تزداد
ج	سالب	تقل
د	سالب	تزداد

٩ سيارة كتلتها 1200 kg تتحرك بسرعة منتظمة 20 m/s ضغط قائدها على الكابح فتوقفت بعد أن قطعت مسافة d، فإن الشغل المبذول بواسطة الكابح يساوى ....

أ -3.2×10^4 J
ب -2.4×10^5 J
ج -3.6×10^5 J
د -4.2×10^6 J

١٠ في الشكل المقابل بندول بسيط كتلته 2 kg مربوط بخيط بدأ الحركة من السكون عند النقطة x، فتكون سرعته عند أدنى نقطة له (y) هي ....
$(g = 9.8\ m/s^2)$



أ 0.9 m/s
ب 3.6 m/s
ج 6 m/s
د 9 m/s

• أجب عما يأتى (١١ : ١٧) :

١١ الشكل المقابل يمثل العلاقة بين القوة التى يدفع بها عامل صندوق على سطح متغير الخشونة والإزاحة الأفقية التى يتحركها،

احسب مقدار الشغل الكلى الذى بذله العامل لدفع الصندوق.

....

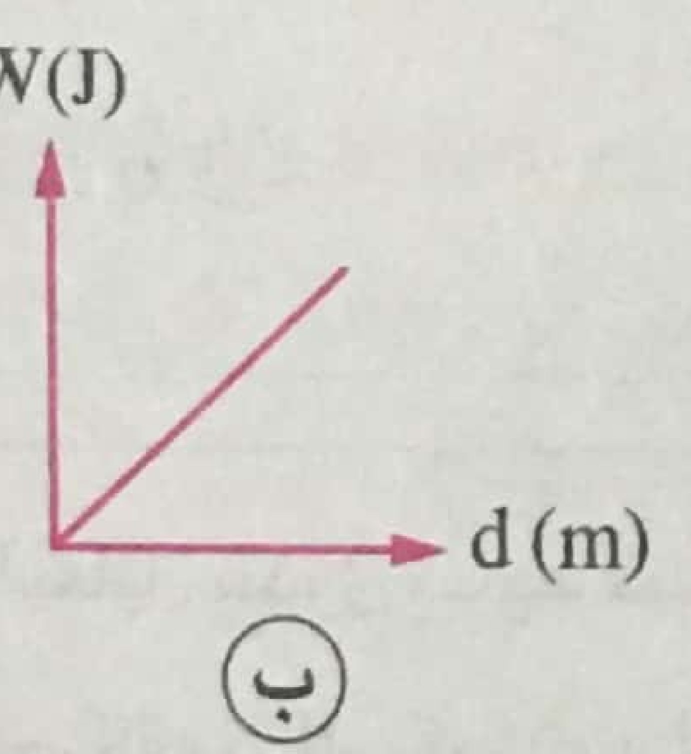
....

....

....

....

١٢ اكتب العلاقة الرياضية وما يساويه الميل لكل من الأشكال البيانية الآتية :



أ

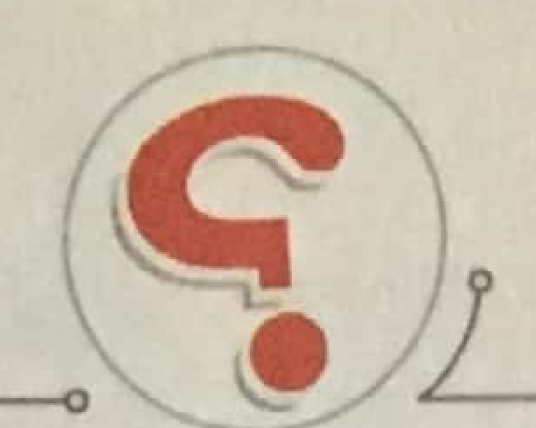
....

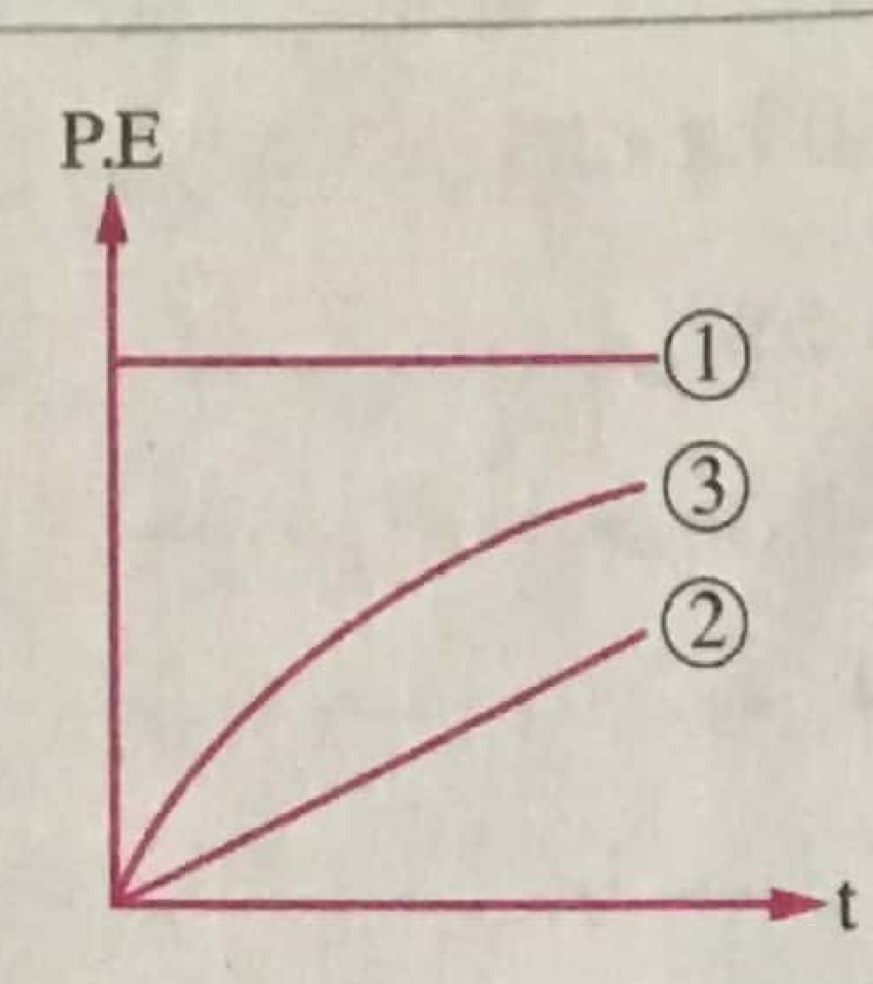
....

١٣ القوة الجاذبة المركزية لا تبذل شغلًا، **فسر ذلك.**

....

....





١٤ الرسم البيانى المقابل يعبر عن العلاقة بين طاقة وضع ثلاث أجسام والزمن،
فأى منها يُعبر عن :

(أ) جسم يُقذف رأسيًا لأعلى.

(ب) جسم موضوع عند ارتفاع ثابت.

....

....

١٥ احسب الشغل الذى يبذله رجل لرفع صندوق كتلته 50 kg إلى ارتفاع 20 m ، وإذا سقط منه الصندوق، فما سرعة ارتطامه بالأرض ؟ $(g = 9.8\ m/s^2)$

....

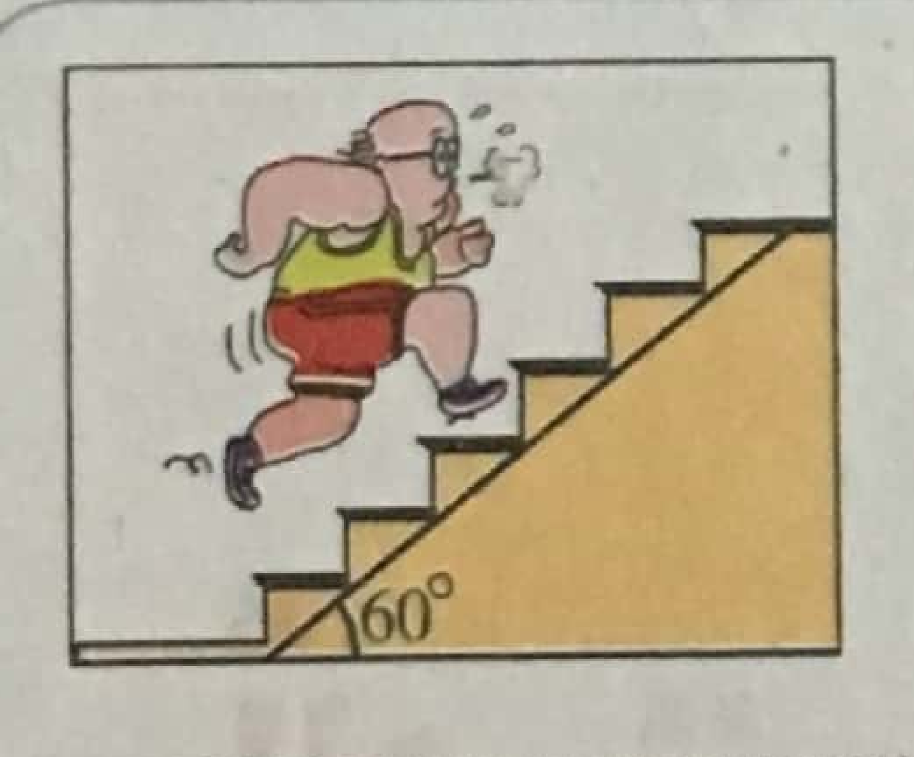
....

....

....

....

١٦ فى الشـــكل المقابل رجل كتلته 70 kg يصعد سلم طوله 5 m، احسب الشغل المبذول.
(عجلة الجاذبية الأرضية = $10\ m/s^2$)



....

....

....

....

....

....

١٧ شخص كتلته 80 kg موجود داخل كهف تحت الأرض يتم رفعه عبر حبل متصل بموتور كهربى على ثلاث مراحل فى كل منها يتم رفعه رأسيًا مسافة 10 m بحيث يبدأ رفع الشخص من السكون بمعدل ثابت فى بداية المرحلة الأولى حتى تصل سرعته فى نهايتها 5 m/s وفى المرحلة الثانية يتم رفعه بسرعة ثابتة وفى المرحلة الثالثة يتم ابطائه تدريجيًا بمعدل ثابت حتى يتوقف فى نهايتها، احسب الشغل المبذول على الشخص بواسطة قوة الرفع المؤثرة عليه خلال كل مرحلة من المراحل الثلاثة.

$(g = 9.8\ m/s^2)$

....

....

....

....

....

....

....

....

....

